

Impianto Solare Termodinamico a Concentrazione di S. Severo (FG)

Progetto di fattibilità tecnica ed economica

3SP S.r.l.



Ing. OMAR MARCO RETINI ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA N° 2234 Sezione A INGEGNERE CIVILE E AMBIENTALE INDUSTRIALE, DELL'INFORMAZIONE

Revisione 0

31 gennaio 2018

Riferimenti

Titolo	Impianto solare termodinamico a concentrazione di S. Severo (FG) – Progetto di fattibilità tecnica ed economica
Cliente	3SP Srl
Responsabile	P. Picozzi
Autore/i	O. Retini; F. Andlauer, D. Degli Esposti
Numero di progetto	1666570
Numero di pagine	81 (esclusi allegati)
Data	31 gennaio 2018
Firma	

Colophon

Tauw Italia S.r.l.
Lungarno Mediceo, 40
56127 Pisa
Telefono +39 050 542780
Fax +39 050 578093

Il presente documento è di proprietà del Cliente che ha la possibilità di utilizzarlo unicamente per gli scopi per i quali è stato elaborato, nel rispetto dei diritti legali e della proprietà intellettuale. Tauw Italia detiene il copyright del presente documento. La qualità ed il miglioramento continuo dei prodotti e dei processi sono considerati elementi prioritari da Tauw Italia che opera in conformità con gli standard di qualità ed è accreditata:

- UNI-EN-ISO 9001:2008

Indice

1	Generalità	9
2	Ubicazione del Progetto	11
3	Descrizione della Fonte Energetica	13
4	Dati Principali di Progetto	15
5	Sezione Solare	16
5.1	Campo Eliostati	16
5.2	Torre Solare	19
5.3	Ricevitore Volumetrico Aperto	20
5.4	Sistema di accumulo termico	23
5.5	Circolazione dell'aria e tubazioni	25
5.5.1	Circuito dell'Aria Calda	26
5.5.2	Circuito dell'Aria Fredda	26
6	Blocco di produzione elettrica	28
6.1	Sistema Acqua di Alimento	28
6.2	Generatore di Vapore a Recupero	29
6.3	Brucciatori Ausiliari del GVR	29
6.4	Sistema vapore	30
6.5	Turbina a vapore e generatore elettrico	30
6.6	Condensatore ad aria	31
6.7	Sistema del Condensato	31
7	Sistemi Ausiliari	33
7.1	Interconnessioni con la Centrale En Plus	33
7.2	Sistema di raffreddamento ausiliari	34
7.3	Sistema di dosaggio chemicals	34
7.4	Sistema elettrico	35
7.5	Strumentazione e sistema di controllo	37
7.6	Altri sistemi ausiliari	38
8	Strategia operativa dell'impianto	39
8.1	Descrizione del funzionamento dell'impianto CSP	39
8.2	Utilizzo del bruciatore ausiliario a gas naturale	39

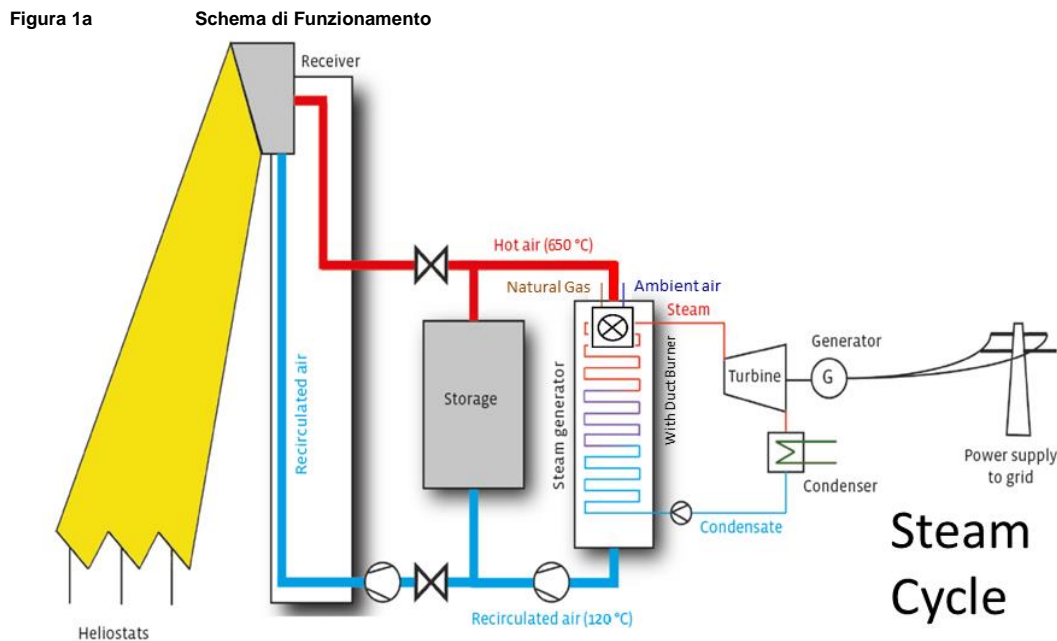
8.2.1	Avvio del ciclo acqua-vapore.....	40
8.2.2	Gestione delle fluttuazioni solari.....	40
8.2.3	Produzione di energia elettrica durante la notte.....	40
8.2.4	Incremento del rendimento del ciclo acqua - vapore.....	40
8.2.5	Conclusioni.....	41
8.3	Strategia di funzionamento dell'impianto solare termodinamico	41
8.3.1	Funzionamento diurno.....	41
8.3.2	Funzionamento notturno	42
8.4	Esempi di strategie operative in alcuni giorni tipo	43
8.4.1	Una tipica bella giornata invernale (Caso D.A.1 + Caso N.A).....	44
8.4.2	Una tipica bella giornata primaverile (Caso D.A.1 + Caso N.B).....	45
8.4.3	Una tipica bella giornata estiva (Caso D.A.1 + Caso N.C).....	46
8.4.4	Caso D.A.2 – Caso N.D	47
8.4.5	Caso D.B.1 - Caso N.D	48
8.4.6	Caso D.B.2 - Caso N.D	49
9	Bilancio Energetico	50
10	Fase di Costruzione	51
10.1	Cronogramma dei lavori	51
10.2	Aree interessate	53
10.3	Descrizione del cantiere	55
10.4	Edifici principali e le Tecniche di Costruzione	56
11	Uso di Risorse e Interferenze con l'Ambiente	58
11.1	Suolo	58
11.2	Risorse impiegate.....	60
11.2.1	Dosaggio di Fosfato di Sodio	60
11.2.2	Dosaggio di Ammoniaca	60
11.2.3	Glicole	61
11.3	Movimenti terra.....	61
11.4	Atmosfera e Qualità dell'Aria.....	62
11.4.1	Anidride carbonica.....	63
11.4.2	Ossidi di azoto.....	63
11.5	Prelievi Idrici	64
11.6	Scarichi Idrici	67
11.7	Rumore.....	67
11.8	Rifiuti	68
11.9	Traffico	69
11.10	Personale	69
11.11	Irraggiamento	70

11.11.1	Ricevitore	70
11.11.2	Campo Eliostati	72
11.11.3	Irraggiamento totale	72
11.11.4	Accorgimenti di sicurezza.....	72
12	Decommissioning dell’Impianto a Fine Vita	74
12.1	Smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti	74
12.2	Demolizione delle opere civili e meccaniche.....	74
13	Computo metrico estimativo	76
13.1	Generale.....	76
13.2	Opere civili.....	77
13.3	Macchine e componenti d’impianto	80
14	Elaborati Grafici.....	81

1 Generalità

L'impianto solare termodinamico a concentrazione a torre di S. Severo (in seguito CSP – *Concentrated Solar Plant*), proposto da 3SP srl, utilizza come fluido termovettore aria non pressurizzata. Il campo specchi convoglia l'irraggiamento solare su un ricevitore volumetrico aperto, ubicato sulla sommità di una torre di circa 125 m. L'aria ambiente fluisce attraverso la struttura del ricevitore, dove viene riscaldata fino ad una temperatura di 650 °C. Questa corrente di aria calda, controllata mediante un gruppo di soffianti, trasferisce l'energia termica sia al generatore di vapore a recupero (GVR) che al sistema di accumulo termico. Nel GVR il calore contenuto nell'aria calda viene utilizzato per produrre vapore surriscaldato, il quale viene fatto espandere in una turbina a vapore (TV) accoppiata ad un alternatore per produrre energia elettrica, che viene immessa, al netto degli autoconsumi, nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN). Il vapore esausto in uscita dalla TV viene condensato all'interno di un condensatore ad aria; il condensato viene poi ricircolato al GVR.

In Figura 1a si riporta lo schema di funzionamento dell'impianto.



Il ciclo a vapore dell'impianto solare a concentrazione di S. Severo, costituito da GVR, TV-alternatore e condensatore è simile a quello utilizzato in un impianto a ciclo combinato e quindi è costituito da apparecchiature tecnologicamente mature che garantiscono efficienza e affidabilità elevate.

Durante il giorno quando l'energia solare concentrata dagli eliostati è abbondante, parte dell'energia termica generata dal ricevitore viene immagazzinata in un sistema di accumulo termico per essere poi utilizzata durante periodi di basso irraggiamento solare o durante la notte. In questo modo possono essere massimizzate le ore di esercizio dell'impianto a pieno carico e il fattore di capacità della turbina. Il sistema di accumulo termico disaccoppia la radiazione solare dalla produzione di energia elettrica: ciò aumenta la flessibilità di esercizio dell'impianto e consente la produzione di energia in modo prevedibile e continuo.

Come molti impianti CSP di grande scala finora esistenti, l'impianto di S. Severo è ibridizzato con gas naturale: ciò significa che una quota parte dell'energia termica necessaria per produrre energia elettrica viene fornita mediante la combustione di gas naturale. L'integrazione dell'energia solare con l'energia prodotta dalla combustione del gas naturale rende l'impianto flessibile in termini di strategie operative. La potenza del bruciatore a gas naturale installato è tale da produrre al massimo il 15% dell'energia termica annuale fornita al GVR. L'85% dell'energia termica annuale fornita al GVR è energia termica proveniente dal sole (compresa l'energia stoccata nel sistema di accumulo termico).

2 Ubicazione del Progetto

L'impianto solare termodinamico a concentrazione a torre di S. Severo (in seguito CSP – *Concentrated Solar Plant*), proposto da 3SP srl, sorge interamente nel comune di San Severo (FG).

All'area di impianto si accederà dalla SP 20 (strada provinciale SS16 – Lucera).

L'impianto sarà localizzato immediatamente a sud della centrale Turbogas En Plus di San Severo.

Nella seguente figura è mostrata la localizzazione dell'Impianto solare termodinamico a concentrazione.

Figura 2a Localizzazione dell'impianto solare termodinamico a concentrazione



L'impianto CSP è composto da:

- un campo eliostati;
- una torre ricevente la radiazione solare concentrata dagli eliostati;
- un sistema di accumulo termico;
- un blocco di produzione di energia elettrica, costituito fondamentalmente da:
 - generatore di vapore a recupero;
 - sala macchine, in cui sarà installata la turbina a vapore con il relativo generatore elettrico;
 - un sistema di condensazione del vapore.

Un elemento strategico della localizzazione del nuovo impianto solare a concentrazione è proprio la vicinanza alla CCGT e la conseguente possibilità di fornitura da parte di questa di una parte delle utilities e servizi. Si prevede infatti che l'impianto CSP:

- sarà remotamente controllato dalla sala quadri della CCGT;
- sarà collegato con una strada privata attraverso il campo solare alla CCGT;
- riceverà acqua grezza e demineralizzata dalla CCGT;
- invierà alla CCGT le proprie acque reflue e le acque meteoriche, che le avvierà a recupero nel proprio impianto trattamento acque;
- sarà approvvigionato di gas naturale dalla CCGT
- l'energia elettrica prodotta sarà inviata mediante cavo interrato da 6,3 kV alla distribuzione in media tensione (MT) della CCGT e qui elevata alla tensione di 380 kV e quindi inviata mediante l'esistente elettrodotto alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

In virtù di tali sinergie, non è prevista la realizzazione di alcuna opera connessa esterna al sito dell'impianto solare termodinamico a concentrazione.

3 Descrizione della Fonte Energetica

La principale fonte energetica utilizzata dalla centrale solare termodinamica è la radiazione solare diretta.

Per valutare la convenienza della localizzazione di una centrale di tale tipo a San Severo è stata condotta una verifica preliminare di fattibilità mediante un software di simulazione (Plan CSP – sviluppato da IATech con KAM, Kraftanlagen Monaco di Baviera, progettista dell’impianto). Il modello è stato implementato con i dati meteorologici di sito (ricavati da MeteoNORM – dataset meteorologico).

L’impianto è stato dimensionato considerando un ricevitore solare della potenza di 83 MW_t, collocato su una torre alta 125 m e un campo eliostati ampio quanto permesso dalla superficie fondiaria nella disponibilità di 3SP, ottimizzato per quanto riguarda l’efficienza ottica: si è considerato un irraggiamento solare pari a 850 W/m², corrispondente a quello del 21 marzo (equinozio di primavera: di e notte di ugual durata) con il sole allo zenit.

La simulazione della producibilità energetica solare è stata successivamente condotta per un intero anno. Le principali condizioni di simulazione e i risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 3a Parametri utilizzati nella simulazione e risultati

Parametro	Valore	UdM
Potenza termica del ricevitore	83	MW _t
Radiazione perpendicolare diretta	1.614	kWh/(m ² a)
Numero di eliostati	3.817	-
Superficie totale degli specchi	185.124,5	m ²
Energia solare disponibile	293,31	GWh
Energia termica a valle del ricevitore	134,58	GWh
Efficienza ottica (media annua)	0,59	-

L’*energia solare disponibile* è la quantità di energia solare che colpisce l’area di tutti gli specchi; l’*efficienza ottica* è la quota di energia solare disponibile che viene catturata dal ricevitore (cioè al netto delle perdite legate al “fattore coseno”¹ e di quelle dovute a ombreggiamento, riflettività e sporcamento, “blocking”², attenuazione atmosferica e “spillage”³); l’*energia termica a valle del ricevitore* rappresenta la quantità di energia che l’aria calda, il fluido termovettore dell’impianto, trasporta dal ricevitore alla turbina a vapore e al sistema di accumulo termico (rispetto al valore

¹ perdite dovute alla non perpendicolarità del piano dell’eliostato al vettore della radiazione solare

² perdite dovute al fatto che parte della radiazione riflessa può essere intercettata da altri eliostati

³ perdite dovute al fatto che parte della radiazione riflessa non viene intercettata dal ricevitore, ma persa in atmosfera

orario della temperatura ambiente); la *potenza termica del ricevitore* è stata fissata dal progettista in 83 MW_t (rispetto alla temperatura ambiente di 15°C).

A margine si rileva che il DM 23 Giugno 2016 prescrive che il sistema di accumulo di energia abbia almeno 1,5 kWh di capacità di accumulo termico per metro quadrato di superficie captante. La dimensione e il numero di eliostati (3.817) definisce così la dimensione minima del sistema di accumulo termico, che, dunque, deve essere almeno pari a 277,7 MWh_t, che equivale a circa 9,3 ore di esercizio a pieno carico della turbina a vapore.

L'attuale sistema italiano di incentivazione degli impianti solari termodinamici, riconosce, inoltre, una tariffa incentivante per la produzione netta totale di energia elettrica nel caso di impianti ibridi, qualora la frazione di integrazione sia inferiore o uguale al 15%. L'impianto di San Severo è stato quindi progettato in assetto ibrido, integrando una fonte termica addizionale (gas naturale) che fornisca al massimo il 15% dell'energia termica immessa nel generatore di vapore a recupero. L'85% dell'energia termica immessa nel GVR è energia termica solare (che comprende quella immagazzinata nel sistema di accumulo termico).

Si ritiene necessario precisare che i risultati presentati in Tabella 3a sono stati ottenuti attraverso il dataset MeteoNORM e potrebbero variare in base ai valori di DNI (*Direct Normal Irradiance*) effettivamente misurati. Per eseguire previsioni dettagliate circa la produzione del campo solare, verrà installato nel sito uno strumento di misura che consenta il rilevamento dei dati meteorologici e di DNI effettiva con la frequenza di 1 minuto.

4 Dati Principali di Progetto

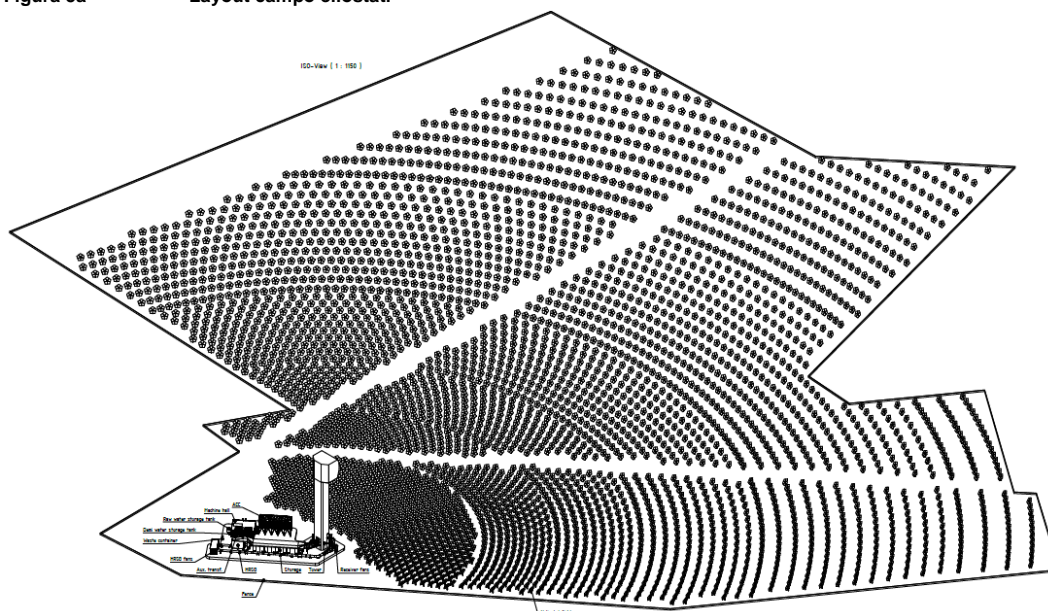
I componenti principali dell'impianto sono dimensionati come segue:

Potenza netta prodotta	fino a 10 MW _e
Area di Impianto	0,9 km ²
Numero di eliostati	3.817 eliostati (48,5 m ² ciascuno)
Altezza torre	125 m
Superficie ricevitore solare	ca. 170 m ²
Potenza nominale ricevitore	83 MW _t
Capacità accumulo termico	283 MWh _t (9,4 ore a pieno carico)
Potenza GVR	30 MW _t
Potenza bruciatore gas naturale	15 MW _t

5 Sezione Solare

La radiazione solare viene concentrata sul ricevitore tramite eliostati biassiali che inseguono il sole durante il suo tragitto quotidiano. Ogni singolo eliostato riflette la radiazione solare incidente verso il ricevitore, installato sulla sommità di una torre alta 125 m, posizionata a sud del campo solare. Il sistema di passaggio dell'aria (fluido termovettore) e la sezione convenzionale dell'impianto (ciclo vapore) sono installati dietro la torre solare.

Figura 5a Layout campo eliostati



5.1 Campo Eliostati

Il campo specchi è formato da 3.817 eliostati, installati su un'area di circa 41,3 ha, ciascuno specchio ha una superficie di 48,5 m². La disposizione del campo specchi è adattata alla posizione geografica e alla dimensione e alla forma del terreno a disposizione.

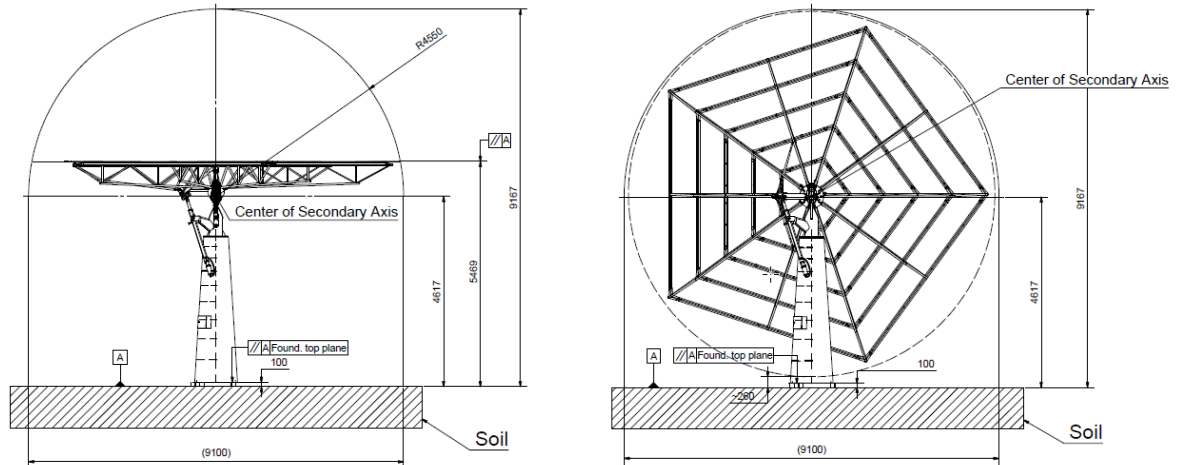
Gli specchi sono montati su strutture di metallo che garantiscono la rigidità e la planarità richieste.

La struttura che sostiene gli specchi è immersata da un montante collegato alla fondazione. Le strutture e le relative fondazioni sono dimensionate per resistere al carico dei venti locali.

A seconda delle caratteristiche del terreno la fondazione tipo è costituita da tre pali in ghisa vibroinfissi nel terreno in cui viene iniettata una boiaccia di calcestruzzo per assicurare l'aderenza del palo al terreno. Questa tecnica costruttiva permette sia di limitare le operazioni di scavo che

il consumo di calcestruzzo. A seconda delle caratteristiche del terreno, le fondazioni possono raggiungere circa 5 metri di profondità. Il tipico delle fondazioni descritte è rappresentato nella figura 5.1c.

Figura 5.1a Tipico Struttura degli Eliostati



Per seguire la posizione del sole, gli specchi possono ruotare indipendentemente intorno a due assi. Gli specchi sono orientati automaticamente da attuatori elettrici con posizionatori di precisione e gestiti da un'unità di controllo in funzione della posizione dello specchio nel campo e della posizione del sole.

La distanza tra le file di eliostati è crescente allontanandosi dalla torre solare e varia da un minimo di 9 m in prossimità della torre fino a 30 m nelle porzioni del campo eliostati più lontane.

Figura 5.1b Interdistanza tra le file degli Eliostati

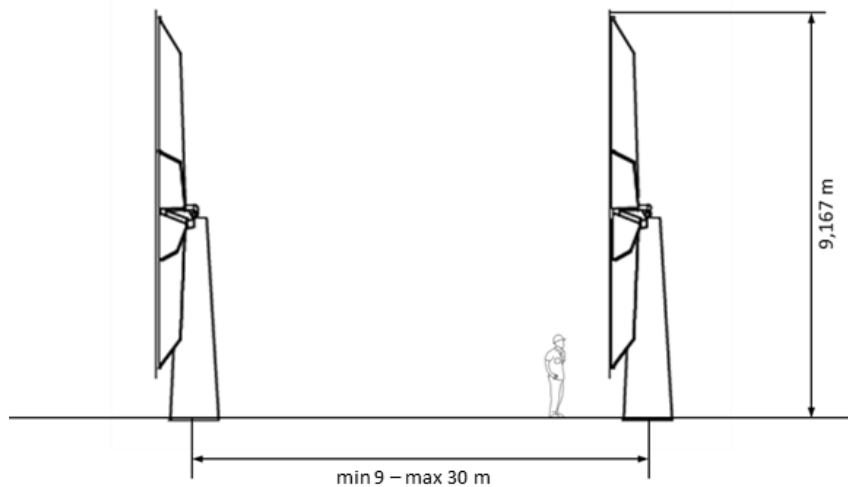
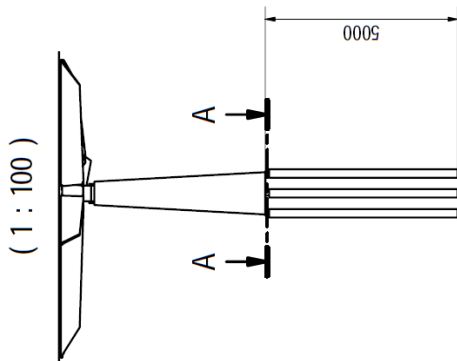
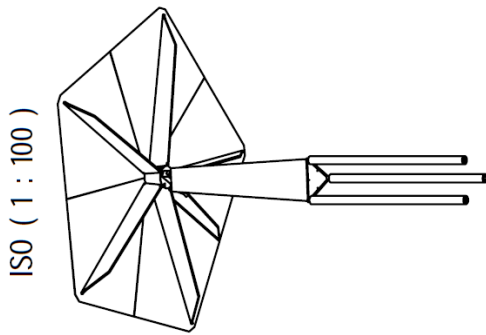
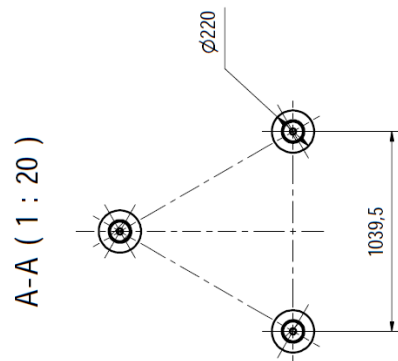


Figura 5.1c Fondazioni tipo



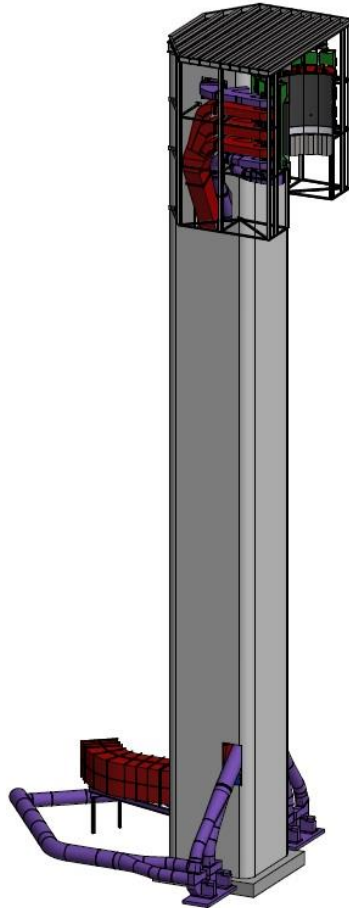
Zeichnungsstatus		Stand	Exemplar	
ISO/E		Werkstoff	Blatt 1 von 1	
Stückzahl		Maße ohne Toleranzangabe nach DIN ISO 1302 Reihe 2	Gewicht	Maßstab
ISO/E		DIN ISO 2768-mK	-	-
Kennwort		Projekt-Nr.		
91171607		91171607		
Datum		Blattgröße		
Name		A3		
STELLIO		"Diese Zeichnung ist unser geistiges Eigentum. Sie darf gemäß §17 u. 11 Urh. G. und 822 BGB ohne unsere schriftliche Genehmigung weder vervielfältigt noch unbefugt weitergegeben werden. Die Haftung für Schäden aus dem Gebrauch dieser Zeichnung ist ausgeschlossen oder in sonstiger Weise insbes. abgelehnt."		
Erst. Gez.		Blattnummer		
19.10.2017		91171607		
Gepr.		Blattgröße		
RAM		A3		
Platzhalter:		Benennung		
Kraftanlagen München		Heliostat Foundation STELLIO		
Dimension: mm		Zahn. Nr.		
Software: Inventor 2011		91171607_BL0007 - Typical heliostat foundation		
KKS-Kennzeichen		Rev.		
Teil		1		
Lieferant-CAD-Zahn. Nr.		AHD_VJ_Heliostat_dummy_wit_foundation		



5.2 Torre Solare

La torre solare, alta 125 m e con dimensioni di base di 13,5 x 13,5 m, è realizzata in calcestruzzo armato. Gli angoli della struttura quadrata sono arrotondati al fine di minimizzare i carichi del vento e ridurre l'impatto visivo. La base quadrata è stata scelta per adattarsi in modo ottimale ai componenti da installarsi all'interno. La struttura contiene al suo interno i condotti dell'aria calda e fredda, una scala e un ascensore per il trasporto di persone e materiali. Per ragioni di installazione e manutenzione e per il supporto dei carichi dei condotti sono posizionate all'interno delle piattaforme intermedie. I vari livelli sono progettati con profilati a I in acciaio che sporgono in direzione perpendicolare alle travi principali. In totale la torre in calcestruzzo raggiunge un'altezza di 125 m e lo spessore delle pareti è di circa 30 cm. La parte superiore della parete anteriore/nord (gli ultimi 20 m) è tagliata per fornire lo spazio necessario al ricevitore e ai condotti di collegamento. Nella parte superiore della struttura due aperture su ciascun lato permettono l'uscita dei condotti ai lati. La sezione inferiore della torre presenta anch'essa aperture di uscita per i condotti d'aria. Il condotto dell'aria calda esce dalla sezione trasversale attraverso un'apertura posteriore. La dimensione dell'apertura è di circa 6 x 16 m. L'apertura viene utilizzata anche come apertura per l'installazione durante la fase di costruzione. I condotti dell'aria fredda si ramificano invece su entrambi i lati ad un'altezza di circa 14 m ed escono dalla torre attraverso delle aperture di circa 3 x 6 m ciascuno. La parte superiore della struttura della torre circostante il ricevitore è protetta dall'irraggiamento proveniente dagli eliostati mediante una pannellatura termoisolante in ossido di alluminio. Le fondazioni della torre saranno realizzate in cemento armato. La torre è dotata di ascensore e scala per le attività di manutenzione, controlli, ecc.. Nella torre non sono previste postazioni di lavoro fisse. L'accesso di personale alla torre, per motivi di manutenzione, verifiche, controlli, ecc. avverrà con il campo eliostati non in esercizio e gli eliostati bloccati in modalità di sicurezza (una procedura operativa prevedrà che lo sblocco dalla modalità di sicurezza possa essere effettuato soltanto a valle di determinati controlli).

Figura 5.2a Torre Solare: Dettaglio Costruttivo



5.3 Ricevitore Volumetrico Aperto

Il ricevitore solare è il cuore dell'impianto CSP: converte la radiazione solare incidente in energia termica e la trasferisce all'aria che è riscaldata e aspirata nel condotto dell'aria calda e quindi trasferita alle sezioni impiantistiche a valle per la produzione di energia elettrica.

Il ricevitore è una struttura aperta di ceramica a nido d'ape.

Il ricevitore può essere diviso in 3 parti fondamentali:

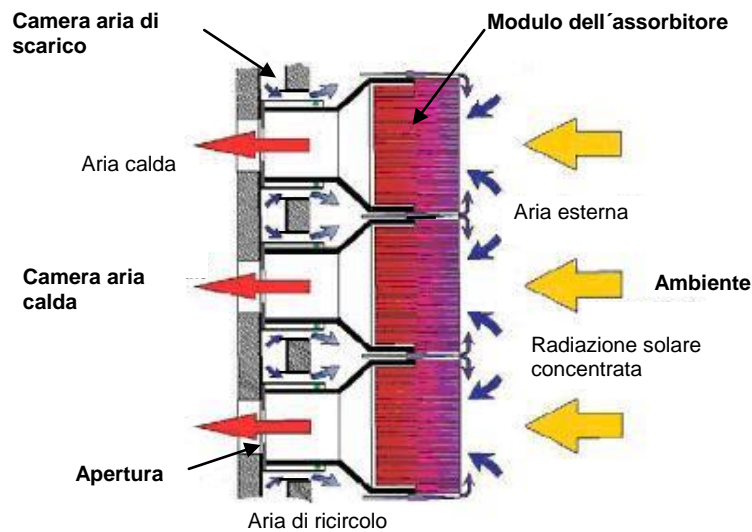
- l'assorbitore, composto da svariati moduli elementari;
- la camera dell'aria calda;
- il sistema di ricircolo dell'aria.

I moduli dell'assorbitore sono costituiti da strutture porose in ceramica resistente alle alte temperature. La radiazione solare incidente non viene assorbita solo frontalmente ma fino all'interno della struttura. La conformazione porosa intrappola la radiazione proveniente dal campo eliostati (per il cosiddetto effetto cavità).

L'aria esterna viene risucchiata dall'assorbitore e si riscalda passando attraverso i moduli ceramici per scambio termico convettivo. Nel fluire l'aria inizialmente fredda si riscalda e

raggiunge le massime temperature all'interno dei moduli assorbitori, andando a ridurre significativamente le perdite del ricevitore per radiazione termica (fino al 30% della potenza irradiata sulla superficie dell'assorbitore). La superficie esterna dell'assorbitore, che è quella maggiormente scaldata dalla radiazione solare, viene raffreddata dall'aria fresca aspirata. Pertanto, si riducono le perdite per irraggiamento termico nel ricevitore e si evita il sovraccarico termico del materiale ceramico dei moduli.

Figura 5.3a Principio di Funzionamento del Ricevitore Volumetrico Aperto con Ricircolo Interno dell'Aria



La camera dell'aria calda è collocata dietro i moduli dell'assorbitore. I flussi di aria calda provenienti dai vari moduli dell'assorbitore vengono collettati nella camera dell'aria calda e da qui inviati al generatore di vapore a recupero e/o al sistema di accumulo termico attraverso tubazioni dedicate.

Per incrementare il rendimento complessivo dell'impianto, l'aria fredda in uscita dal generatore di vapore a recupero e/o dal sistema di accumulo termico è ricircolata verso il ricevitore (tubi viola in Figura 5.2a). Nello specifico, l'aria di scarico viene immessa attraverso opportune aperture davanti ai moduli dell'assorbitore dove si mescola con l'aria esterna: in questo modo parte dell'entalpia residua contenuta nell'aria di scarico viene recuperata dal sistema.

Grazie al fatto che:

- le pareti dei moduli sono sottili in quanto il sistema non è in pressione;
- il materiale con cui sono realizzati i moduli è estremamente resistente al calore (punto di fusione $> 1.350 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

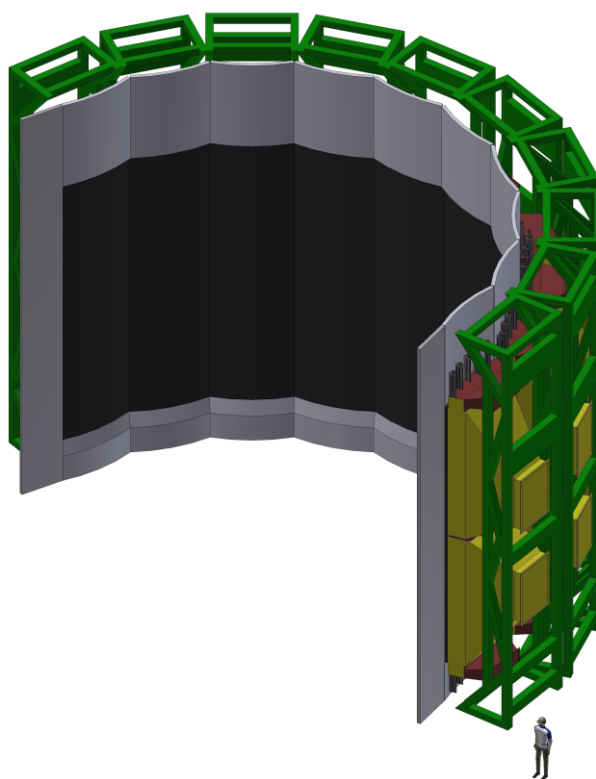
il ricevitore è significativamente più robusto rispetto a quelli che utilizzano sali fusi o acqua/vapore come fluido termovettore e si comporta molto bene durante le fasi di avvio e di esercizio a carico parziale.

Il ricevitore è installato sulla sommità della torre solare. La parte posteriore del ricevitore è accessibile dalla torre mentre la parte frontale è accessibile per manutenzione mediante piattaforma di servizio.

Il ricevitore è costituito da una pluralità di cosiddetti segmenti. Il flusso di aria calda proveniente da tutti i segmenti è raccolto in un collettore che lo adduce al circuito dell'aria calda.

La bassa pressione di esercizio (spessore di parete ridotto) ed il buon isolamento interno delle condotte contribuiscono alla bassa sensibilità del sistema ai cambiamenti repentini di irraggiamento (p.e. dovuti a passaggi nuvolosi) e ad avvii molto rapidi.

Figura 5.3b Struttura del ricevitore



Il ricevitore è modulare e la potenza termica desiderata può essere raggiunta combinando un numero adeguato di moduli.

La struttura del ricevitore è realizzata in acciaio resistente al calore ed è progettata per consentire le dilatazioni termiche della stessa e dei singoli moduli del ricevitore senza subire danni. Ogni modulo del ricevitore è sospeso su un telaio che ne permette la dilatazione termica.

Al fine di prevenire che, a causa dello stress termico, la struttura del ricevitore si surriscaldi e si danneggi, sono installati vari sensori di temperatura che forniscono informazioni al sistema di controllo che adegua il flusso di aria fresca al carico di irraggiamento del ricevitore.

Per l'impianto solare a concentrazione di S. Severo la potenza termica di progetto del ricevitore è stata raggiunta prevedendo l'installazione di 10 segmenti disposti nella parte concava di un semicerchio di diametro 15 m. A carico nominale, il ricevitore è alimentato da un flusso di aria calda di 124 kg/s a 650 °C (83 MW_t riferiti ad una temperatura ambiente di 15 °C).

Di seguito sono riportati i principali dati tecnici del ricevitore:

Numero di segmenti del ricevitore	10
Altezza dell'apertura del ricevitore	7,9 m
Larghezza dell'apertura del ricevitore	15 m
Superficie esterna (assorbitore)	170 m ² circa
Flusso di gas caldo (al carico nominale)	124 kg/s
Temperatura gas (al carico nominale)	650°C
Irraggiamento max/med	1000 / 500 kW/m ²

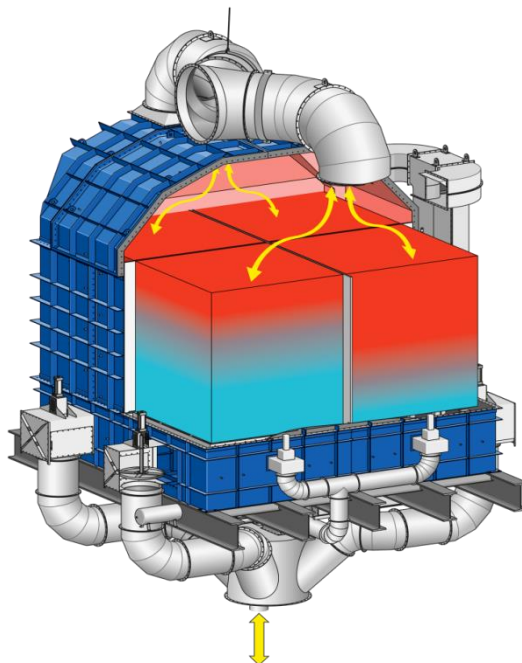
5.4 Sistema di accumulo termico

Il progetto prevede l'installazione di un sistema di accumulo termico nella sezione ad aria dell'impianto CSP per bilanciare le fluttuazioni dell'irraggiamento solare, aumentare la flessibilità dell'impianto e incrementarne le ore di funzionamento.

Il sistema di accumulo termico è formato da mattoni ceramici a nido d'ape installati all'interno di una struttura metallica chiusa e isolata termicamente. È esercito a pressione atmosferica utilizzando il principio controcorrente con l'aria come fluido termovettore. Per "ricaricare" il sistema di accumulo, l'aria calda proveniente dal ricevitore viene fatta fluire dall'alto verso il basso attraverso il letto di mattoni, a cui cede calore riscaldandolo. Quando il sistema viene utilizzato per alimentare il GVR, l'aria viene riscaldata passando dal basso verso l'alto attraverso il letto di mattoni ceramici, che cede calore all'aria raffreddandosi.

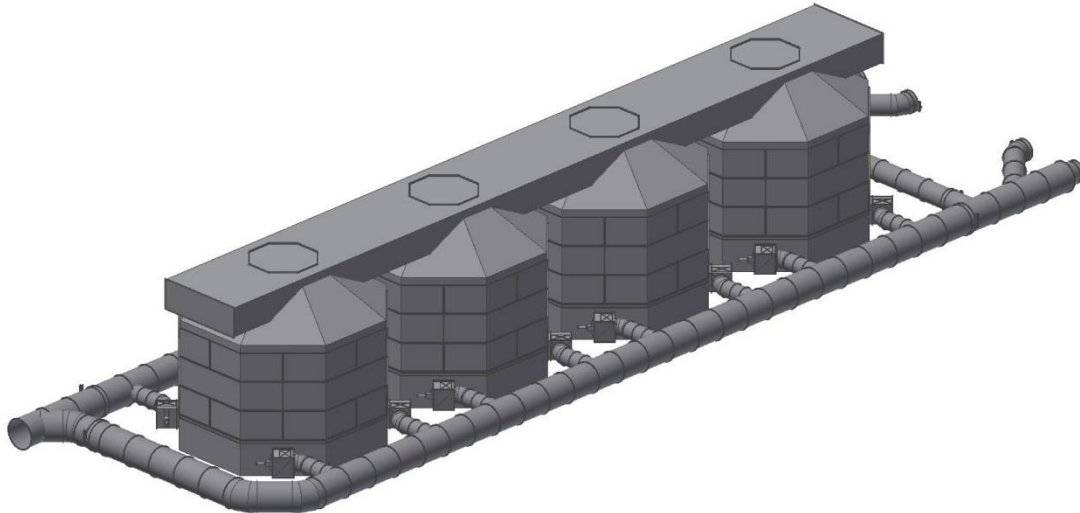
Il sistema di accumulo termico è modulare e scalabile a seconda delle esigenze. Ciascun modulo è formato da camere, connesse in parallelo, che possono essere "caricate" o "scaricate" singolarmente mediante l'utilizzo di apposite valvole a tenuta resistenti alle alte temperature. Le camere sono unite tra di loro nella parte alta (parte calda) mentre sono separate nella parte bassa (parte fredda).

Figura 5.4a Esempio di un Modulo del Sistema di Accumulo Termico con 4 camere



Il sistema di accumulo termico di San Severo ha una capacità di circa 283 MWh_t, tale da consentire un esercizio a pieno carico dell'impianto per circa 9,4 ore. Durante la fase di "carica" del modulo (riscaldamento del letto di mattoni), il fluido termovettore, indotto dall'aspirazione delle soffianti, viene fatto entrare nel letto dalla parte calda (circa 650 °C). Attraversando il letto, il fluido termovettore cede calore ai mattoni ceramici, raffreddandosi. Il fluido termovettore esce dal lato freddo del modulo di accumulo termico a circa 120 °C e si miscela con l'aria esausta in uscita dal GVR per esser poi ricircolato al ricevitore solare. A causa dell'enorme superficie di scambio del letto di mattoni ceramici e della velocità relativamente bassa di attraversamento, l'aria riesce a cedere tutto il proprio calore attraversando soltanto pochi strati del letto: ciò comporta un profilo di temperatura del letto caratterizzato da una transizione "netta" tra la parte calda (in rosso in figura 5.4a) e quella fredda (in blu) e il massimo livello di temperatura è disponibile quasi indipendentemente dallo stato di carica del modulo di accumulo.

Durante la fase di "scarica" del modulo di accumulo termico, l'aria fredda in uscita dal GVR fluisce attraverso il letto di mattoni dal basso verso l'alto. Durante l'attraversamento del letto l'aria si riscalda assorbendo calore dalla massa ceramica, la quale di conseguenza si raffredda. L'aria calda in uscita dalla parte calda dei moduli di accumulo termico è ricircolata al GVR.

Figura 5.4b Sistema di Accumulo Termico Composto da 4 Moduli


Grazie alla conducibilità termica trascurabile dei corpi ceramici in senso verticale, la stratificazione termica realizzata nelle varie camere del sistema di accumulo termico si mantiene per diversi giorni, fino a una settimana.

Di seguito sono riportati i dati tecnici del sistema di accumulo termico:

Fluido termovettore	Aria
Temperatura aria calda	650°C
Temperatura aria fredda	120°C
Tempo minimo di carica e scarica	4.5 h / 9,4 h
Capacità Utilizzabile di Accumulo a circa. 650°C di uscita	283 MWh _t
Numero di Moduli	4
Dimensioni del sistema di accumulo termico	59 x 33 x h 20 m

5.5 Circolazione dell'aria e tubazioni

Il flusso di aria calda in uscita dal ricevitore solare circola attraverso speciali condotti, isolati internamente e resistenti alle alte temperature. Dopo esser passata attraverso il GVR o il sistema di accumulo termico, l'aria fredda è aspirata dalle soffianti e ricircolata al ricevitore. Le soffianti sono organizzate in gruppi, 2 (1 di riserva) per il circuito del GVR e 4 (1 di riserva) per il circuito del ricevitore: questo consente, nei transitori, reazioni del sistema più veloci e una maggior affidabilità di esercizio grazie alla loro ridondanza.

Lo schema di processo del sistema aria è riportato in Figura 5.5b.

Figura 5.5a **Modello 3D del sistema di circolazione dell'aria (in rosso il circuito dell'aria calda e in blu quello dell'aria fredda)**



5.5.1 Circuito dell'Aria Calda

I componenti del circuito dell'aria calda (650 °C) sono posizionati a sud della torre in modo da ridurre il più possibile la lunghezza del condotto dell'aria calda. Il circuito dell'aria calda collega il ricevitore, il GVR e il sistema di accumulo termico. Esso è formato da un condotto in acciaio a sezione rettangolare isolato internamente.

L'aria calda dal ricevitore solare circola nella torre solare, attraversa la cupola del sistema di accumulo termico e raggiunge il GVR. Il circuito dell'aria calda è sempre collegato alla sommità dei vari componenti.

5.5.2 Circuito dell'Aria Fredda

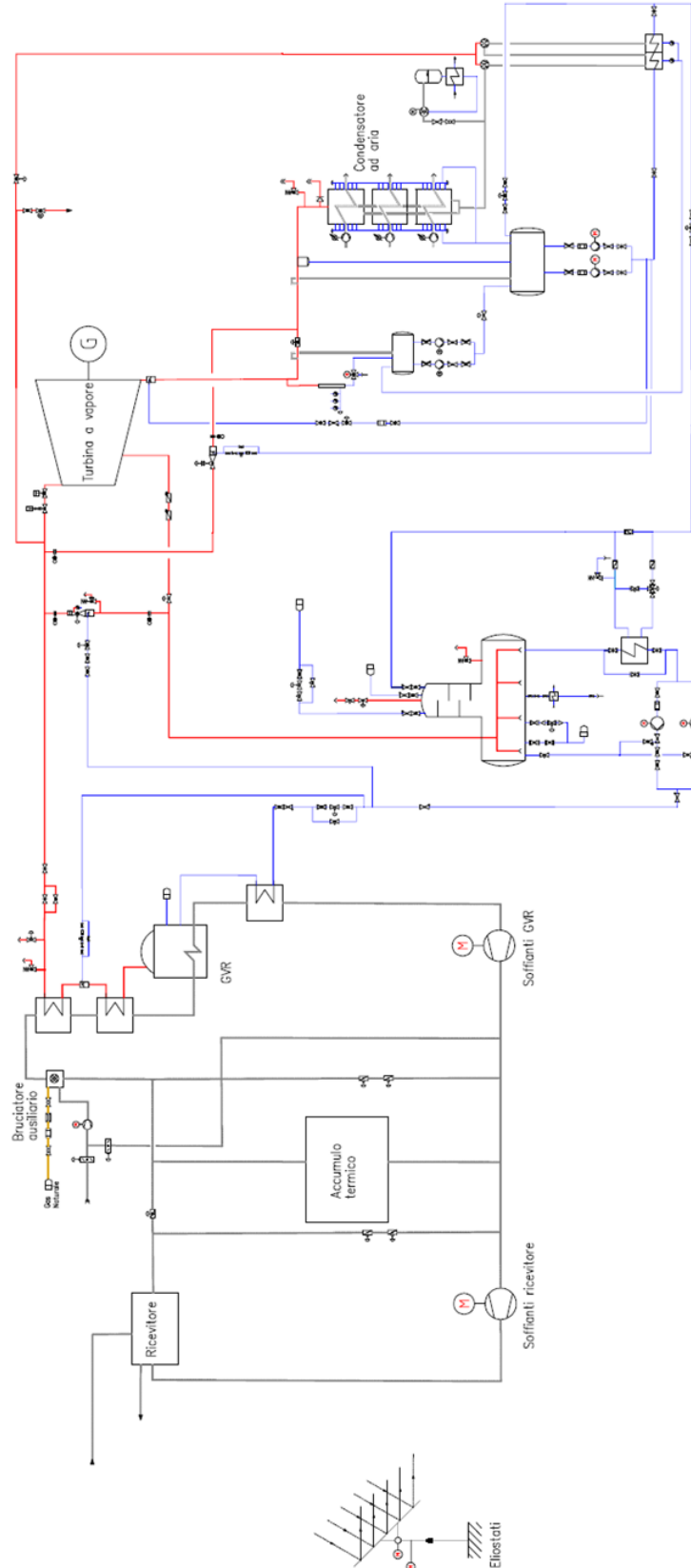
Il circuito dell'aria fredda è progettato per essere esercito alla temperatura massima di 250 °C e collega l'uscita del GVR con il lato freddo del sistema di accumulo termico e del ricevitore. Il circuito dell'aria fredda è composto da condotti circolari in acciaio isolati esternamente. Due gruppi di soffianti controllano la portata dell'aria in funzione del carico dell'impianto e dell'utilizzo del sistema di accumulo termico.

Le soffianti del ricevitore, posizionate a livello del suolo dentro la torre, sono principalmente utilizzate per controllare la portata di aria attraverso il ricevitore. Le soffianti del GVR, installate a sud dello stesso, sono utilizzate per controllare la portata di aria attraverso il GVR e il sistema di accumulo termico.

Le condotte del circuito dell'aria fredda sono collocate su montanti a una quota di circa 1,8 m dal suolo per permettere il passaggio al di sotto di essi.

Rif. R006 1666570PPI V01

Figura 5.5b Schema di processo del sistema aria e blocco di produzione elettrica



6 Blocco di produzione elettrica

Come sopra anticipato, la sezione di generazione di energia elettrica dell'impianto solare termodinamico a concentrazione di S. Severo è un ciclo vapore convenzionale, analogo a quello di un ciclo combinato, costituito sostanzialmente da un generatore di vapore a recupero (GVR), dotato di bruciatori ausiliari a gas naturale (installati nel GVR), da una turbina a vapore (TV) collegata ad un alternatore e dal sistema di condensazione.

Di seguito si descrive il funzionamento del ciclo vapore.

L'acqua di alimento, degasata e preriscaldata, è alimentata al GVR dove viene evaporata e surriscaldata mediante scambio termico con l'aria calda proveniente dal ricevitore e/o dal sistema di accumulo termico. Il vapore surriscaldato prodotto dal GVR viene successivamente fatto espandere in una turbina a vapore. Durante le fasi di avvio e di fermata dell'impianto il vapore del GVR viene inviato al bypass della turbina.

Il vapore esausto in uscita dalla turbina è condensato in un sistema di raffreddamento costituito da un condensatore ad aria. Il condensato è ricircolato al sistema acqua di alimento.

Il blocco di produzione elettrica (ciclo vapore) dell'impianto è formato principalmente da:

- Sistema acqua di alimento;
- Generatore di Vapore a Recupero;
- Bruciatori ausiliari a gas naturale;
- Sistema vapore;
- Turbina a Vapore collegata all'alternatore;
- Condensatore ad aria;
- Sistema del condensato.

6.1 Sistema Acqua di Alimento

Il sistema acqua di alimento ha la funzione di fornire il GVR con acqua degasata e preriscaldata.

Il sistema acqua di alimento è composto dai seguenti componenti principali:

- serbatoio acqua di alimento con degasatore;
- pompe di alimento;
- sistema di condizionamento chimico di caldaia;
- sistema di raffreddamento acqua.

L'acqua di alimento è preriscaldata e degasata nel degasatore. L'acqua di alimento condizionata è pompata al GVR mediante le pompe di alimento. Il reintegro del ciclo acqua-vapore viene

effettuato mediante acqua demineralizzata fornita dalla centrale a ciclo combinato di En Plus. L'acqua di reintegro viene immessa direttamente nel degasatore. L'acqua in uscita dal degasatore viene raffreddata in uno scambiatore di calore con il condensato in ingresso allo stesso serbatoio: ciò consente di assicurare la temperatura di 120 °C dell'aria in uscita dal GVR.

6.2 Generatore di Vapore a Recupero

Il GVR produce vapore surriscaldato per la turbina. Il GVR è alimentato con aria calda proveniente dal ricevitore o dal sistema di accumulo termico. Come mostrato nello schema di processo riportato in Figura 5.5b, il GVR è composto da un economizzatore, un evaporatore e una sezione di surriscaldamento. Le caratteristiche del vapore sono controllate mediante iniezione di acqua di alimento nella sezione di surriscaldamento. Il GVR ha una potenza termica di 31,5 MW_t.

Le principali caratteristiche del GVR sono riassunte nella tabella seguente.

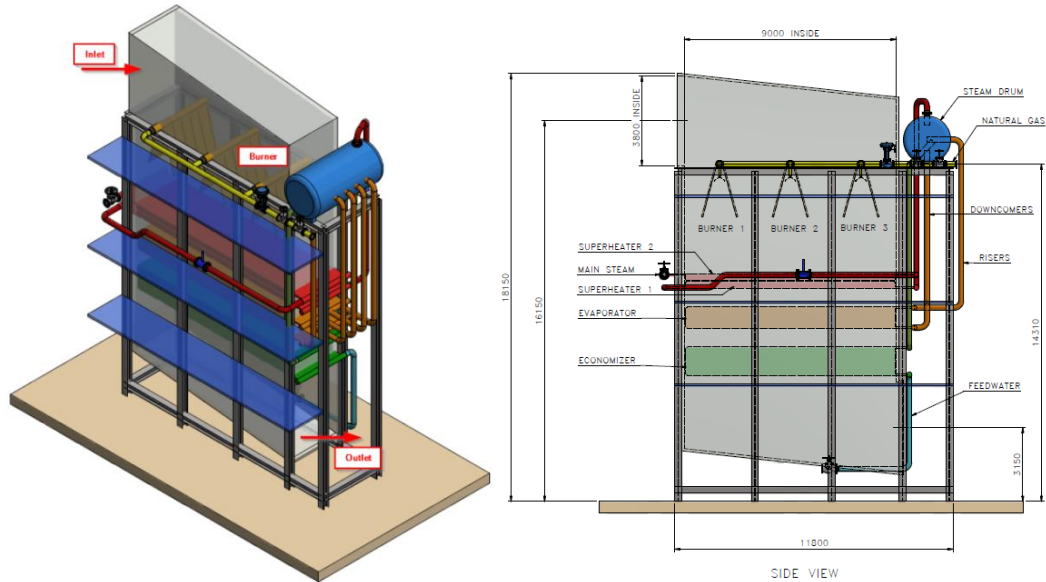
Tabella 6.2a Dati principali GVR

Parametro	UdM	Ingresso	Uscita
Fluido		Acqua di alimento	Vapore Surriscaldato
Temperatura	°C	60	505
Pressione	bar	83	80
Portata	kg/s	10	10
Fluido		Aria Calda	Aria Fredda
Temperatura	°C	650	120
Portata	kg/s	60	60

6.3 Bruciatori Ausiliari del GVR

L'esercizio, l'affidabilità e il rendimento dell'impianto solare a concentrazione sono incrementate mediante l'utilizzo di bruciatori ausiliari alimentati a gas naturale, aventi una potenza di 15 MW_t. I bruciatori ausiliari sono installati nella parte superiore del GVR in prossimità dell'ingresso dell'aria, come mostrato nella seguente figura. Essi hanno la funzione di scaldare la portata di aria in ingresso al GVR (ad esempio quando l'irraggiamento è troppo basso o quando è intermittente a causa di passaggi nuvolosi o durante le fasi di avvio del ciclo vapore). Al fine di ottenere condizioni di combustione ottimali in tutti i regimi di esercizio, i bruciatori ausiliari sono dotati di un sistema di alimentazione di aria fresca (aria ambiente) e un sistema di ricircolo dei fumi.

Figura 6.3a GVR integrato con i Bruciatori ausiliari a gas naturale



6.4 Sistema vapore

Il sistema vapore ha la funzione di fornire il vapore generato dal GVR alle varie utenze dell'impianto.

Il sistema vapore è formato dai seguenti sottosistemi:

- sistema ad alta pressione (HP);
- Bypass Turbina;
- sistema a bassa pressione (LP);
- sistema vapore ad eiettori.

Il sistema vapore HP è costituito dalle linee vapore HP che alimentano il vapore ad alta pressione alla turbina e alle stazioni di riduzione per poi destinarlo ad altri usi. Il sistema di bypass della turbina ha lo scopo di inviare direttamente il vapore del GVR al condensatore ad aria, facendogli quindi bypassare la turbina, durante le fasi di avvio e di arresto dell'impianto o in caso di guasto della turbina. Il sistema vapore LP alimenta il serbatoio acqua di alimento con vapore a bassa pressione che proviene o dallo spillamento della TV o dalle stazioni di riduzione vapore HP-LP. Il sistema vapore rifornisce inoltre il sistema degli eiettori del ciclo vapore.

6.5 Turbina a vapore e generatore elettrico

L'impianto è dotato di una turbina a vapore capace di fare espandere il vapore proveniente dal GVR da 78 bar (500 °C) a 0,1 bar (45,8°C). La TV è accoppiata ad un generatore elettrico in grado di sviluppare una potenza elettrica nominale di 10 MW_e a 6,3 kV e capace di operare tra 1,5 MW_e e 11,5 MW_e.

6.6 Condensatore ad aria

La condensazione del vapore verrà effettuata mediante un condensatore ad aria.

Il condensatore ad aria è formato da vari elementi costituiti da scambiatori a tubi alettati posti in parallelo: il vapore/condensato scorre all'interno dei tubi mentre l'aria lambisce la parte esterna alettata.

Il vapore esausto proveniente dalla turbina viene alimentato al condensatore ad aria dall'alto. Il condensato è raccolto nella parte bassa del condensatore, inviato al serbatoio principale del condensato e da qui ricircolato al degasatore.

I ventilatori del condensatore ad aria sono dotati di regolatore di velocità per garantire il giusto apporto d'aria e quindi di potenza di raffreddamento alle superfici di scambio termico del condensatore.

Il condensatore è formato dai seguenti componenti principali:

- condotto di adduzione del vapore esausto della TV;
- elementi condensanti;
- ventilatori;
- sistema del vuoto;
- struttura e piattaforme in acciaio.

Il condensatore ad aria sarà ubicato a nord della sala macchine vicino allo scarico della TV. Esso sarà connesso alla sala macchine mediante il condotto del vapore esausto e da una scala che sarà a servizio di entrambi. La struttura del condensatore sarà ancorata al suolo mediante fondazioni. L'area sottostante il condensatore sarà inghiaziata. Sulla parte superiore del condensatore sarà installato un rivestimento trapezoidale per assicurare un flusso d'aria corretto attraverso le superfici di scambio termico.

Di seguito sono riportati i dati di progetto del condensatore ad aria:

Capacità termica di dissipazione:	23,8 MW _t
Pressione di condensazione:	0,1 bar
Temperatura ambiente:	30 °C
Umidità Relativa:	30 %
Temperatura di Bulbo Umido:	17,8 °C

6.7 Sistema del Condensato

Il sistema del condensato ha la funzione di ricircolare il condensato del ciclo vapore al sistema acqua di alimento.

Il sistema del condensato è formato dai seguenti sottosistemi principali:

- sistema condensato principale;
- sistema condensato turbina;
- sistema raccolta condense.

Il sistema condensato principale raccoglie nel serbatoio principale del condensato il condensato proveniente dal condensatore ad aria, dalla TV e, se in esercizio, dalla torre evaporativa ad umido. Il condensato è inviato dal serbatoio principale del condensato al serbatoio acqua di alimento mediante pompe.

Il sistema condensato di turbina raccoglie in un serbatoio dedicato il condensato dei drenaggi della TV e dei condensini installati lungo il condotto del vapore esausto in uscita della TV: il condensato raccolto è poi inviato nel serbatoio principale del condensato.

Il sistema drenaggi puliti raccoglie il condensato proveniente da tutti gli altri drenaggi di impianto e da tutti i condensini installati lungo le tubazioni del vapore in un serbatoio dedicato; da qui il condensato viene poi inviato, mediante pompe, al serbatoio acqua di alimento.

7 Sistemi Ausiliari

Oltre alle sezioni principali sopra descritte è prevista l'installazione di sistemi ausiliari necessari per il corretto funzionamento dell'impianto.

7.1 Interconnessioni con la Centrale En Plus

Per l'esercizio dell'impianto solare a concentrazione verranno utilizzate in modo sinergico alcune connessioni e sistemi già esistenti della Centrale a ciclo combinato En Plus.

L'impianto solare a concentrazione sarà interconnesso alla Centrale En Plus, mediante tubazioni e cavidotto interrati, per i seguenti servizi:

- Gas Naturale;
- Acqua Demineralizzata;
- Acqua Grezza;
- Acque meteoriche e acque reflue;
- Linea dati;
- Vettoriamento dell'energia elettrica.

Le suddette tubazioni passeranno attraverso il campo eliostati in adiacenza all'esistente tubazione del gas naturale che alimenta il ciclo combinato En Plus.

L'approvvigionamento del gas naturale avverrà mediante tubazione interrata connessa alla rete ad alta pressione di En Plus. Il gas naturale in arrivo nell'impianto solare a concentrazione verrà trattato in una stazione di riduzione e preriscaldamento dove verrà portato alle condizioni di temperatura e pressione richieste per l'esercizio dei bruciatori ausiliari.

L'acqua demineralizzata utilizzata per il reintegro nel ciclo termico e l'acqua grezza per il lavaggio degli eliostati saranno approvvigionate dalla Centrale En Plus mediante tubazioni dedicate. Nell'impianto saranno installati serbatoi per lo stoccaggio di acqua demineralizzata e acqua grezza e pompe per la loro distribuzione alle utenze. Tali serbatoi di stoccaggio saranno installati a sud della sala macchine.

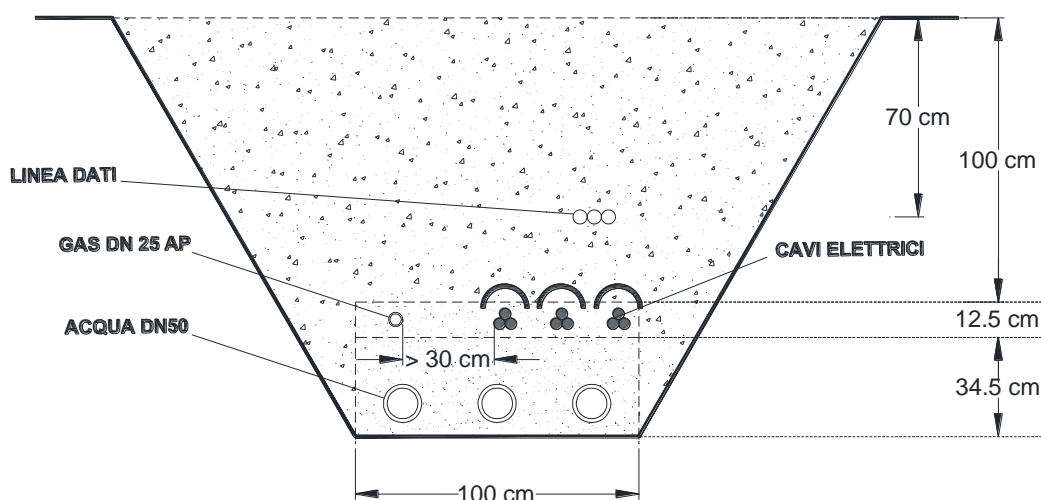
Le acque reflue generate dal processo produttivo, comprese le acque meteoriche, saranno raccolte e stoccate in una vasca polmone interrata da 1.000 m³ e inviate all'impianto di trattamento acque di En Plus. La vasca polmone sarà installata ad ovest del condensatore ad aria.

La linea dati consentirà il telecontrollo dell'impianto solare termodinamico dalla sala controllo della centrale termoelettrica En Plus (vedere paragrafo 7.5).

L'energia elettrica prodotta dall'impianto CSP sarà inviata alla centrale termoelettrica EN Plus per il vettoriamento mediante elettrodotto interrato (vedere paragrafo 7.4).

Nella seguente figura è presentata la sezione tipo della trincea di interconnessione che ospiterà tali infrastrutture.

Figura 7.1a Sezione tipo della trincea di interconnessione



7.2 Sistema di raffreddamento ausiliari

Il sistema di raffreddamento ausiliari ha la funzione di fornire alle utenze del ciclo vapore acqua di raffreddamento. Le utenze che necessitano di tale servizio sono il generatore elettrico, il sistema di raffreddamento dell'olio della turbina e la stazione di campionamento dell'acqua del ciclo vapore.

Il sistema di raffreddamento è un circuito chiuso dotato di vaso di espansione installato sull'aspirazione delle pompe di circolazione. L'acqua del circuito sarà raffreddata mediante scambiatori di calore ad aria (air coolers) che saranno installati sul tetto della sala macchine. L'acqua del circuito sarà addizionata con glicole, con funzione di anti gelo, in modo da abbassare il punto di congelamento a -5°C .

7.3 Sistema di dosaggio chemicals

Oltre all'uso del glicole nel sistema di raffreddamento, il blocco di produzione elettrica dell'impianto necessita che l'acqua del ciclo termico sia additivata con i seguenti chemicals:

- NH_3 , che viene dosato nel serbatoio acqua di alimento del ciclo acqua-vapore;
- Na_3PO_4 , che viene dosato nel corpo cilindrico del GVR;

Il dosaggio di NH_3 nell'acqua di alimento serve per controllarne il pH. Un sistema automatico di controllo aggiusta il valore del pH tra 9,2 e 9,5. La soluzione acquosa di ammoniaca sarà stoccata in un contenitore munito di bacino di contenimento. Tale soluzione sarà diluita con acqua demineralizzata in un piccolo serbatoio di plastica e da qui alimentata con una pompa dosatrice al serbatoio acqua di alimento.

Per prevenire la corrosione all'interno del ciclo vapore, il pH dell'acqua demineralizzata viene mantenuto basico (pH 9,5-10) mediante l'aggiunta di fosfato di sodio (Na_3PO_4). Quest'ultimo viene miscelato in un serbatoio di plastica con acqua demineralizzata e addizionato nel corpo cilindrico del GVR all'acqua del ciclo termico mediante una pompa dosatrice.

7.4 Sistema elettrico

Il sistema elettrico dell'impianto sarà installato in un locale dedicato all'interno della sala macchine.

L'energia elettrica generata dall'impianto solare a concentrazione sarà trasmessa alla Centrale En Plus attraverso un cavo a 6,3 kV lungo circa 1.500 m. Tale energia sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale a 380 kV attraverso il collegamento esistente della Centrale En Plus innalzandola di tensione mediante il trasformatore degli ausiliari e il trasformatore elevatore.

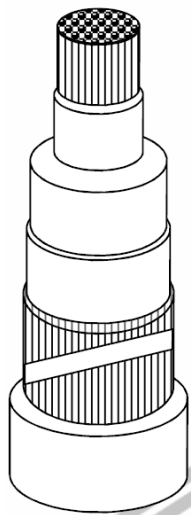
Il Sistema elettrico a servizio del CSP è formato principalmente da:

- Cavo da 6,3 kV di connessione alla Centrale En Plus;
- Collegamento alla sala quadri a 6,3 kV della Centrale En Plus;
- Quadro di media tensione a 6,3 kV;
- Trasformatore ausiliari;
- Quadro di bassa tensione a 0,7 kV;
- Quadro di bassa tensione a 0,4 kV;
- Convertitore di frequenza;
- Fornitura di corrente continua e UPS;
- Generatore diesel di emergenza;
- Fornitura di energia elettrica al campo eliostati;
- Sistema di terra;
- Sistema elettrico per antincendio;
- Sistema di illuminazione.

La linea di connessione a 6,3 kV con la Centrale En Plus sarà lunga circa 1.500 m e passerà attraverso il campo specchi in adiacenza alle altre interconnessioni con la centrale a ciclo combinato, dettagliate al § 7.1. La linea di connessione consiste in un elettrodotto a cavo interrato composto da tre terne trifase.

I cavi utilizzati saranno del tipo unipolare ad isolamento solido estruso con conduttori di alluminio (ARG7H1R o similare), aventi una sezione nominale di 630 mm²: le caratteristiche dei suddetti cavi sono riportate nella seguente figura.

Figura 7.4a caratteristiche cavi unipolari



- 1.- CONDUTTORE:** CORDA A FILI DI ALLUMINIO in accordo alla norma CEI 20-29, classe 2
- 2.- STRATO SEMICONDUCTORE:** MESCOLO ESTRUSA
- 3.- ISOLANTE:** HEPR
- 4.- STRATO SEMICONDUCTORE:** MESCOLO ESTRUSA
- 5.- SCHERMO METALLICO:** FILI DI RAME + NASTRO EQUALIZZATORE oppure FASCETTO DI FILI SOTTO LO SCHERMO (CEI 20-13)
- 6.- GUAINA ESTERNA:** PVC o polietilene colore rosso

L'isolamento sarà costituito da mescola elastomerica reticolata ad alto modulo a base di gomma sintetica (HEPR), qualità G7 rispondente alle norme CEI 20-11 e 20-13: in entrambi i casi la temperatura di esercizio del cavo sarà pari a 90° C.

Lo schermo elettrico è in semiconduttore estruso sull'isolante.

Lo schermo fisico è in alluminio, a nastro, con o senza equalizzazione.

La guaina protettiva può essere in polietilene o PVC.

La linea di connessione sarà collegata con il quadro a 6,3 kV della Centrale En Plus, dove sarà installato un ulteriore interruttore.

Nell'impianto solare a concentrazione un quadro a media tensione conterà il generatore, il cavo di connessione a En Plus e il trasformatore degli ausiliari. Quest'ultimo fornisce elettricità a 0,7 kV e 0,4 kV ai sistemi ausiliari dell'impianto.

L'impianto solare a concentrazione sarà equipaggiato con 2 quadri di bassa tensione. Gli ausiliari che consumano più energia quali le soffianti e le pompe di alimento saranno collegati al quadro a 0,7 kV, mentre gli altri ausiliari saranno collegati al quadro a 0,4 kV.

Il convertitore di frequenza per le soffianti e le pompe di alimento sarà installato in un armadio quadri modulare e ha un menù operativo manuale installato sulla porta che abilita una modalità di funzionamento di automazione indipendente. Gli armadi dei convertitori di frequenza sono installati nel locale bassa tensione. Se necessari, saranno installati appositi filtri per evitare disturbi al segnale. La connessione al sistema di controllo sarà effettuata mediante cavi Profibus-DP.

Alcuni sistemi quali la turbina a vapore, la stazione di riduzione e preriscaldamento del gas naturale, il generatore diesel di emergenza ed il sistema aria compressa saranno dotati di un

proprio sistema di distribuzione a bassa tensione. Le altre utenze elettriche di impianto saranno collegate direttamente ai quadri di bassa tensione.

Il quadro di bassa tensione sarà dotato di uscite con fusibile per le utenze elettriche degli edifici quali l'illuminazione normale e di emergenza, le prese e il sistema di condizionamento.

L'impianto sarà dotato di un sistema di fornitura di corrente continua e di un sistema UPS costituito da batterie in grado di fornire energia elettrica alle varie apparecchiature finché il diesel di emergenza non sarà entrato in esercizio.

Il generatore diesel di emergenza sarà installato all'interno di un container e alimenterà, in caso di emergenza, i servizi fondamentali di impianto. Il diesel di emergenza sarà collegato al quadro di bassa tensione a 0,4 kV.

La fornitura di energia elettrica agli eliostati sarà fornita da un centro di trasformazione centrale e organizzata in gruppi con scatole di distribuzione separate. Il campo di eliostati, in caso di emergenza, sarà alimentato con un sistema UPS dedicato. Il sistema UPS è in grado di alimentare gli eliostati nel caso si verificano black-out. Il sistema UPS e le batterie saranno collocati nel centro di trasformazione centrale.

Il sistema di terra dell'impianto sarà conforme alla norma IEC EN 62305:2006 (VDE 0185-305).

Il sistema di allarme antincendio sarà formato da un sistema centrale, un monitor, una cassetta con chiave di emergenza, bottoni di emergenza, rilevatori di fiamma e di fumo. La centrale del sistema di allarme sarà installata nella sala di controllo della Centrale En Plus.

Il sistema di illuminazione garantirà illuminazione interna ed esterna nelle diverse aree. Il sistema di illuminazione generale della sala macchine e quello di emergenza saranno indipendenti. Il livello di illuminazione sarà determinato in accordo alla norma UNI EN 12464. L'illuminazione di emergenza sarà conforme alla norma CEI EN 60598-2-22:2015 - Parte 2-22. I gruppi di prese sono installati presso le apparecchiature più grandi.

L'illuminazione esterna dell'impianto può essere controllata sia da un interruttore crepuscolare che in manuale dalla cabina di distribuzione a bassa tensione dedicata.

La torre sarà inoltre dotata di luci di segnalazione degli ostacoli al volo (SOV). Il tipo, l'intensità e il posizionamento delle luci saranno definite in accordo alle norme ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e a quanto potrà essere prescritto da ENAC.

7.5 Strumentazione e sistema di controllo

La centrale solare termodinamica sarà controllata mediante un DCS integrato con il sistema DCS di centrale in grado di supervisionare e coordinare i controllori dedicati per specifici sistemi e

sottosistemi. La turbina a vapore, la stazione di riduzione e preriscaldamento del gas naturale, lo skid dei bruciatori e il diesel di emergenza saranno equipaggiati con sistemi di controllo propri.

Attraverso il sistema di controllo distribuito, il personale di impianto avrà una panoramica completa dello stato generale dei due impianti: l'impianto solare a concentrazione e l'impianto a ciclo combinato. L'impianto solare a concentrazione sarà dunque operato da personale Alpiq in parte già presente presso la centrale a ciclo combinato. Non è prevista l'installazione di una sala di controllo locale all'interno del perimetro dell'impianto CSP.

Tutte le funzioni di sicurezza e di protezione dell'impianto CSP saranno eseguite automaticamente senza intervento manuale.

Il normale funzionamento del sistema è in generale eseguito automaticamente con il monitoraggio e, se necessario, con l'intervento da parte del personale operativo.

La strumentazione di controllo è conforme alle norme UNI / CEI / IEC. La strumentazione da campo è conforme agli standard industriali con segnali di misura dei trasmettitori 4-20mA.

7.6 Altri sistemi ausiliari

Sono inoltre presenti i seguenti ulteriori sistemi ausiliari:

- sistema di campionamento acqua-vapore;
- sistema di aria compressa;
- acqua per usi civili e servizi igienici;
- sistema di condizionamento (HVAC).

Il sistema di campionamento acqua-vapore analizza in continuo la qualità dell'acqua e del vapore del ciclo termodinamico per garantire che la qualità di questi sia tale da evitare problematiche di corrosione o depositi.

Il sistema di aria compressa fornisce l'aria compressa destinata alla strumentazione, tipicamente attuatori pneumatici ed ad altri servizi. L'aria sarà purificata con un separatore a ciclone e essiccata con un sistema di deumidificazione ad assorbimento.

L'acqua per usi sanitari sarà approvvigionata dall'esterno e stoccata in un serbatoio dedicato. Per i servizi igienici verrà installato un bagno di tipo chimico o compostante. Per gli impianti sanitari, l'acqua dolce è fornita in un serbatoio di acqua dolce al sito dell'impianto solare a concentrazione.

La sala macchine e il locale elettrico saranno dotati di un adeguato sistema di climatizzazione.

8 Strategia operativa dell'impianto

8.1 Descrizione del funzionamento dell'impianto CSP

Durante il funzionamento dell'impianto CSP, ogni singolo eliostato viene puntato sul ricevitore collocato sulla cima della torre solare. In questo modo l'aria si riscalda e trasferisce energia termica al ciclo acqua - vapore e al sistema di accumulo termico. L'energia termica viene sempre utilizzata prima per alimentare la turbina a vapore, se poi vi è disponibile più energia di quanta necessaria al GVR per alimentare la turbina a vapore, il calore in eccesso viene immesso nel sistema di accumulo termico.

Il calore immagazzinato dal sistema di accumulo termico può essere utilizzato successivamente, per esempio durante la notte, per prolungare la produzione di energia elettrica, o anche per evitare l'arresto della turbina a vapore. Inoltre, se la potenza fornita dal ricevitore è così bassa che il carico minimo della turbina a vapore non può essere soddisfatto, l'energia raccolta viene comunque immagazzinata nel sistema di accumulo.

L'utilizzo combinato di energia termica solare con quella prodotta da gas naturale è una tecnologia sperimentata e affidabile, che presenta innumerevoli vantaggi. In questo modo è infatti possibile mitigare le inefficienze sia stagionali che le fluttuazioni di breve periodo nella produzione di energia termica solare:

- le inefficienze stagionali si verificano dal tardo autunno fino all'inizio della primavera. Durante questo periodo, il livello di irraggiamento solare e la posizione del sole sono bassi. Entrambi tali fattori hanno effetti negativi sulle prestazioni di un impianto solare a concentrazione: una ridotta potenza termica solare determina un elevato numero di ore di funzionamento a carico parziale della turbina a vapore che a sua volta influenza negativamente il rendimento medio del ciclo a vapore.
- le fluttuazioni di breve periodo si verificano ad esempio quando vi è un passaggio nuvoloso in una giornata assolata e, per tale periodo, non può essere generata energia termica solare.

In tali situazioni il bruciatore ausiliario a gas naturale è utilizzato per ovviare alla carenza di energia termica e mantenere in esercizio il ciclo acqua - vapore in modo da evitare fermate della turbina a vapore. Un bruciatore ausiliario con una risposta molto veloce è particolarmente adatto a questo compito ed è controllabile in modo rapido e preciso, com'è necessario in particolare nel caso delle fluttuazioni di breve durata.

8.2 Utilizzo del bruciatore ausiliario a gas naturale

L'integrazione di un impianto solare a concentrazione con un bruciatore ausiliario a gas naturale garantisce una grande flessibilità e affidabilità alla produzione di energia elettrica. Nelle seguenti

descrizioni è previsto di utilizzare il bruciatore solo a pieno carico (vedere grafici del bruciatore ausiliario nella sezione 8.4, linea tratteggiata nera), tuttavia è possibile esercire il bruciatore a carico parziale, secondo necessità.

Di seguito sono descritte le modalità di utilizzo del bruciatore.

8.2.1 Avvio del ciclo acqua-vapore

In un impianto CSP, l'avvio del sistema è complesso e si articola in diverse fasi che dovranno essere coordinate fra loro, in quanto devono essere avviati sia la circolazione dell'aria dal ricevitore al GVR sia il ciclo acqua-vapore. Al mattino, quando sorge il sole, gli eliostati iniziano a riscaldare il ricevitore, i ventilatori sono avviati e l'aria viene fatta circolare attraverso la canalizzazione dell'aria. Contemporaneamente, viene avviato il ciclo acqua-vapore, un altro processo complesso. I due sistemi hanno tempi diversi di avviamento che sono difficili da accoppiare. Le fluttuazioni della radiazione solare durante il periodo di avvio possono creare inefficienze, in quanto tutta l'energia solare termica prodotta deve essere scaricata e dunque perduta e le procedure riavviate. Il bruciatore ausiliario permette di regolare esattamente la potenza termica in ingresso al GVR, in modo che il complesso avvio del ciclo acqua-vapore divenga pianificabile e l'intero processo parzialmente automatizzato. Allo stato attuale, si prevede di avviare il bruciatore ausiliario prima che sorga il sole, in modo che già i primi raggi di sole possano essere utilizzati per generare elettricità.

8.2.2 Gestione delle fluttuazioni solari

Durante il giorno, se vi è un passaggio nuvoloso e il sistema di accumulo termico è scarico, il bruciatore ausiliario può essere avviato in pochi secondi per evitare interruzioni nella produzione di energia elettrica. Questa misura incrementa significativamente la produzione di energia elettrica solare e permette di evitare lo spegnimento del ciclo acqua-vapore.

8.2.3 Produzione di energia elettrica durante la notte

Dopo il tramonto, se il sistema di accumulo termico è carico, è possibile produrre energia elettrica per tutta la notte con un utilizzo combinato del sistema di accumulo termico e del bruciatore ausiliario. Può essere necessario regolare il carico della turbina a vapore, ossia esercire la turbina a vapore a carico parziale. In questo modo, la mattina successiva, il ciclo acqua – vapore è funzionante e la turbina in marcia: ciò consente di utilizzare i primi raggi di sole per generare elettricità, ed evitare quindi le procedure di avviamento e lo spreco di energia termica solare ad esse associato.

8.2.4 Incremento del rendimento del ciclo acqua - vapore

Le turbine a vapore hanno precise condizioni di targa, cioè di pressione e temperatura, in cui l'energia termica viene convertita in energia elettrica con il massimo rendimento. Il bruciatore

ausiliario può essere utilizzato per incrementare il numero di ore durante le quali la turbina a vapore viene esercitata a pieno carico, aumentando così il rendimento totale e la produzione di energia elettrica.

8.2.5 Conclusioni

Il bruciatore ausiliario dunque aumenta la flessibilità della produzione di energia e produzione di energia solare e aggiunge affidabilità all'impianto.

8.3 Strategia di funzionamento dell'impianto solare termodinamico

La strategia operativa della centrale è differente a seconda del momento della giornata. Pertanto va fatta una distinzione tra l'esercizio dell'impianto durante il dì e durante la notte. Nelle seguenti simulazioni di funzionamento la strategia operativa è stata sviluppata secondo intervalli di un'ora. Pertanto, la strategia operativa presentata non è descritta con profondo dettaglio, tuttavia permette di illustrare le modalità di gestione dell'impianto nelle diverse condizioni tipo e fornire una linea guida. Inoltre, il bruciatore ausiliario è utilizzato in modo tale che al massimo fornisca il 15% del fabbisogno termico della turbina a vapore.

L'obiettivo perseguito dalla strategia operativa presentata è di utilizzare il bruciatore ausiliario e il sistema di accumulo termico (TES) per:

- a) massimizzare le ore di produzione a pieno carico;
- b) ridurre al minimo gli avviamenti e gli spegnimenti della turbina a vapore.

Gli strumenti più importanti che il gestore dell'impianto ha a disposizione per influenzare il funzionamento dell'impianto CSP sono:

- a) la gestione del sistema di accumulo termico (carico e scarico);
- b) la gestione del bruciatore ausiliario, cioè la sua accensione e il relativo carico;
- c) il profilo di carico della turbina a vapore (in particolare durante la notte).

Tutte le modalità di funzionamento dell'impianto hanno specifiche impostazioni per quanto riguarda tali parametri.

8.3.1 Funzionamento diurno

L'avviamento del ciclo acqua-vapore è sempre ottenuto con l'utilizzo dell'energia termica fornita dal bruciatore ausiliario, per i vantaggi menzionati al precedente punto 8.2.

Il funzionamento diurno può essere schematizzato nei seguenti casi.

8.3.1.1 Caso D.A

Il GVR viene esercito senza interruzione per tutta la giornata, con la sola energia termica solare. Quindi non è necessario l'intervento del bruciatore ausiliario. Si possono effettuare le seguenti distinzioni:

1. Il ciclo acqua-vapore e la turbina a vapore sono entrambi eserciti a pieno carico e con elevati rendimenti. Non c'è bisogno di ulteriore energia termica dal bruciatore ausiliario.
2. Il ciclo acqua-vapore viene esercito a carico parziale e la turbina a vapore opera con un rendimento inferiore alla media. Ulteriore energia termica potrà essere fornita dal bruciatore ausiliario per aumentare il rendimento.

8.3.1.2 Caso D.B

Il GVR non può essere esercito continuamente per tutta la giornata con la sola energia termica solare. Al momento di una fluttuazione solare, l'energia termica mancante può essere supplita dal bruciatore ausiliario. In questo caso, la strategia operativa è definita attraverso la valutazione del rapporto tra energia termica del bruciatore ausiliario ed energia termica solare necessaria per mantenere il sistema in esercizio:

1. Il rapporto è basso. Questo indica un basso utilizzo di gas, rispetto all'energia termica solare disponibile. In questo caso, la fluttuazione solare è supplita dal bruciatore. Come nel caso D.A.2, relativo a un basso carico della turbina a vapore, il bruciatore ausiliario viene utilizzato per aumentare il rendimento del ciclo acqua-vapore.
2. Il rapporto è elevato, il che significa che sarebbe necessaria molta energia termica dal bruciatore a gas per garantire la continuazione della produzione di energia elettrica in quanto è disponibile poca energia solare. In questo caso il bruciatore non viene utilizzato, il ciclo a vapore viene fermato e riavviato solo quando sarà di nuovo disponibile sufficiente energia termica solare.

8.3.2 Funzionamento notturno

Durante la notte, l'utilizzo del sistema di accumulo termico insieme al bruciatore ausiliario a gas naturale possono garantire la produzione stabile e continua di energia elettrica per tutta la notte. Oltre all'evidente vantaggio che la turbina a vapore può essere esercita a un fattore di carico più elevato, evitare la fermata notturna del ciclo acqua-vapore ha molteplici ulteriori vantaggi: meno fermate riducono lo stress termico sui componenti e soprattutto sulla turbina a vapore e ne incrementano la vita utile. Inoltre, possono essere evitate le svantaggiose fermate e avviamenti, il funzionamento a bassa efficienza e lo spreco di energia termica solare. D'altra parte, la generazione di energia elettrica durante la notte richiede che la turbina a vapore funzioni a carico parziale con rendimenti subottimali. Pertanto, il controllo di esercizio deve soppesare i diversi vantaggi e svantaggi e scegliere la modalità operativa più vantaggiosa.

L'energia termica necessaria durante la notte può essere stimata in base alla lunghezza della notte e alla potenza termica richiesta dal ciclo a vapore. La richiesta notturna di energia termica deve essere soddisfatta dalla capacità produttiva delle fonti energetiche disponibili, cioè l'energia termica stoccata nel sistema di accumulo termico e dall'energia termica che può essere fornita

dal bruciatore ausiliario. Un altro fattore che influenza la definizione della strategia di esercizio notturno sono le condizioni meteorologiche previste per il giorno successivo. Se per il giorno successivo è previsto cattivo tempo e nessun irraggiamento solare, è preferibile esercire la turbina a vapore a pieno carico ed esaurire completamente l'energia termica stoccata senza l'uso del bruciatore a gas naturale.

La strategia di funzionamento notturna contempla i seguenti quattro casi.

8.3.2.1 Caso N.A

Lunga notte ed energia non sufficiente nel sistema di accumulo termico. In questo caso la turbina a vapore viene esercita alla massima potenza fino all'esaurimento dell'energia termica stoccata per sfruttare il miglior rendimento del ciclo acqua-vapore. La turbina a vapore deve essere di nuovo avviata la mattina successiva.

Se per il giorno successivo è previsto cattivo tempo senza irraggiamento solare, può essere deciso di scaricare l'accumulo termico funzionando a pieno carico, anche se sarebbe possibile, modulando il carico, produrre energia elettrica per tutta la notte, poiché evitare l'avviamento la mattina del giorno successivo non produce alcun vantaggio.

8.3.2.2 Caso N.B

Il sistema di accumulo termico a pieno carico, in una notte di media durata, può permettere la produzione continua di energia elettrica per tutta la notte con il sostegno del bruciatore ausiliario. La turbina a vapore non viene esercita a pieno carico.

8.3.2.3 Caso N.C

Il sistema di accumulo termico a pieno carico in una notte di breve durata permette la produzione continua di energia elettrica per tutta la notte utilizzando esclusivamente l'energia termica solare, senza l'intervento del bruciatore ausiliario. La turbina a vapore non viene esercita a pieno carico.

8.3.2.4 Caso N.D

Se il sistema di accumulo termico è vuoto, non viene prodotta energia elettrica durante la notte.

8.4 Esempi di strategie operative in alcuni giorni tipo

In questa sezione sono riportate le strategie operative applicate ad alcuni giorni tipo allo scopo di esemplificare i criteri di scelta della strategia operativa.

Per una migliore comprensione dei grafici sotto riportati si consideri:

- DNI (*Direct Normal Irradiance* – linea gialla): rappresenta la radiazione solare diretta perpendicolare, espressa in W/m^2 , incidente sul campo eliostati. Il valore relativo si legge sulla scala di sinistra delle ordinate;
- Burner (Bruciatore - riga tratteggiata nera); rappresenta la quota di energia elettrica fornita dal bruciatore. Il valore relativo si legge sulla scala di destra delle ordinate (si noti che in fase di avviamento l'energia fornita dal bruciatore viene utilizzata per la procedura di avviamento del ciclo acqua-vapore e della turbina);
- load TES (TES – *Thermal Energy Storage* – tratto verde): rappresenta il livello di carico del sistema di accumulo termico. Il valore relativo si legge sulla scala di sinistra delle ordinate (0 = sistema vuoto; 1000 = sistema a pieno carico);
- ST Pel (tratto rosso): rappresenta la quota di energia elettrica che viene prodotta dalla turbina a vapore (10.000 = Turbina a pieno carico).

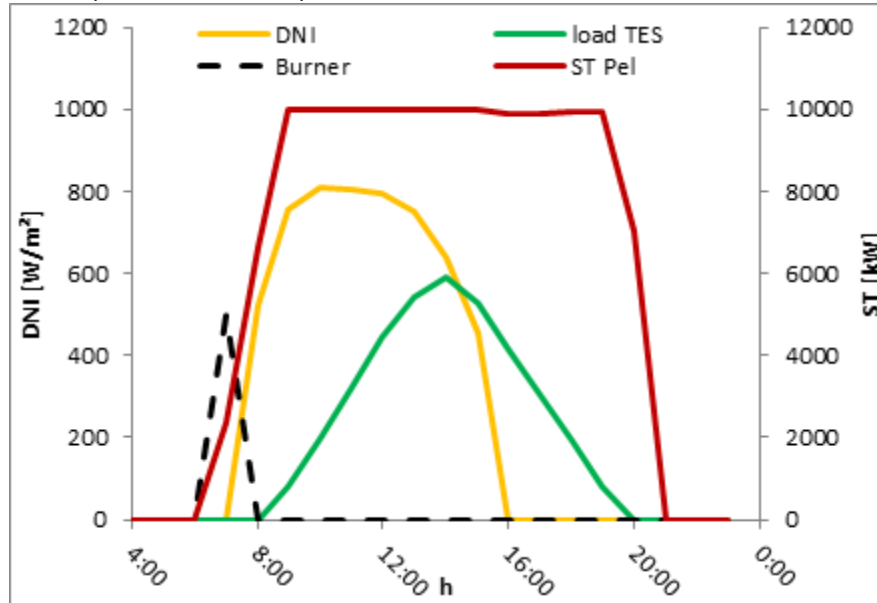
Si precisa che in tutti i casi di seguito esaminati si ipotizza l'avviamento a freddo iniziale dell'impianto solare a concentrazione.

8.4.1 Una tipica bella giornata invernale (Caso D.A.1 + Caso N.A)

Questo giorno tipo è caratterizzato da alti livelli di irraggiamento durante il dì, senza fluttuazioni, e da una lunga notte invernale. Prima dell'alba, alle 6, viene acceso il bruciatore ausiliario per l'avviamento della produzione di energia elettrica (linea rossa). Alle 7 sorge il sole e cresce l'irraggiamento solare, quindi il bruciatore viene spento (alle 8) in quanto non vi è necessità di utilizzare il bruciatore durante il resto della giornata. Dalle 8 la quota di energia termica solare in eccesso viene stoccata nel sistema di accumulo termico. A causa della lunghezza della notte invernale e del carico parziale raggiunto dal sistema di accumulo termico (circa il 60%) (linea verde) al tramonto (alle 16) non è possibile assicurare la produzione di energia elettrica fino al mattino successivo senza un eccessivo utilizzo di gas naturale. Pertanto, dopo il tramonto, la produzione di energia elettrica prosegue con la turbina a vapore a pieno carico fino al completo esaurimento dell'energia termica stoccata nel sistema di accumulo termico.

Nella seguente figura è schematizzato il funzionamento dell'impianto in questa giornata.

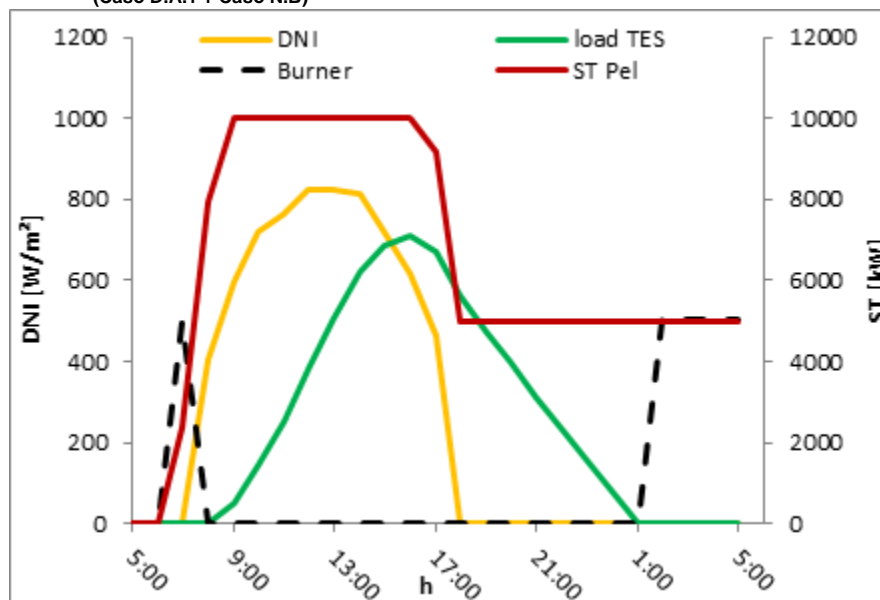
Figura 8.4.1a Strategia di funzionamento dell'impianto in una tipica bella giornata invernale
(Caso D.A.1 + Caso N.A)



8.4.2 Una tipica bella giornata primaverile (Caso D.A.1 + Caso N.B)

Questo giorno tipo è caratterizzato da elevati livelli di irraggiamento, senza fluttuazioni, durante il dì, che è abbastanza lungo, con alba alle 7 e tramonto alle 18. Il livello di carica del sistema di accumulo termico alla fine del dì è simile al caso precedente, ma grazie a una notte più breve e con l'aiuto del bruciatore ausiliario a gas naturale, è possibile produrre energia elettrica per tutta la notte fino all'alba successiva. Questo è molto utile per la produzione elettrica dell'impianto solare a concentrazione, in quanto tutta l'energia termica solare può essere utilizzata per generare elettricità, senza sprecarne per l'avvio del ciclo acqua-vapore il giorno successivo. Nel dettaglio, alle 6 viene acceso il bruciatore ausiliario per l'avvio del ciclo acqua-vapore, alle 7 sorge il sole e l'irraggiamento inizia a crescere, permettendo lo spegnimento del bruciatore ausiliario alle 8. La turbina a vapore produce energia elettrica a pieno carico fino al tramonto, permettendo anche il caricamento del sistema di accumulo termico fino a circa il 70% della sua capacità. Avvicinandosi il tramonto, l'irraggiamento diminuisce e viene ridotto il carico della turbina (a circa il 55%). Dopo il tramonto la produzione elettrica continua con la sola energia stoccata nel sistema di accumulo termico, fino al suo esaurimento. All'1 viene acceso il bruciatore ausiliario per mantenere l'impianto in esercizio fino all'alba successiva, evitando un nuovo avviamento a freddo dell'impianto.

Figura 8.4.2a Strategia di funzionamento dell'impianto in una tipica bella giornata primaverile
(Caso D.A.1 + Caso N.B)

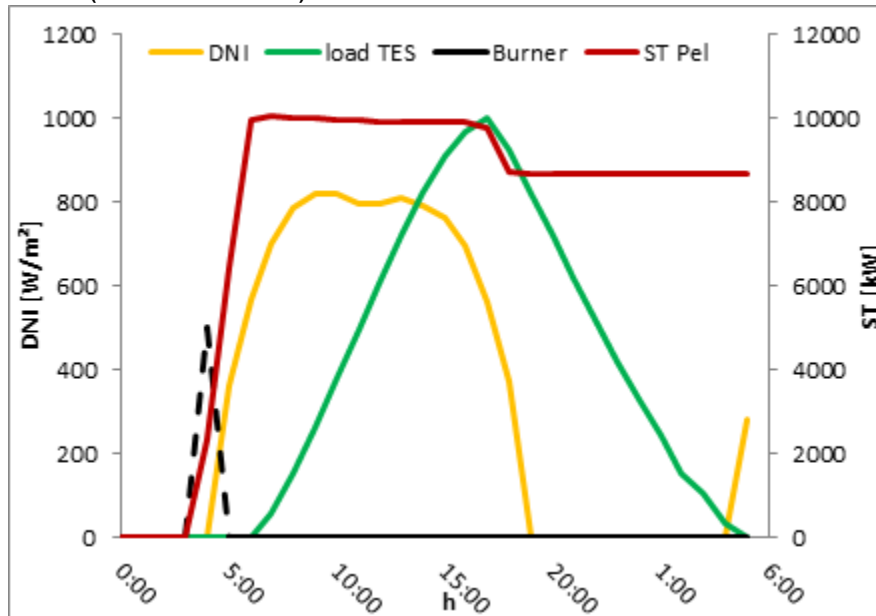


8.4.3 Una tipica bella giornata estiva (Caso D.A.1 + Caso N.C)

Questo giorno tipo costituisce il caso ottimale per un impianto solare a concentrazione: infatti gli elevati livelli di irraggiamento diurno, senza fluttuazioni, permettono sia l'esercizio a pieno carico della turbina a vapore sia il completo caricamento del sistema di accumulo termico. Questo e la breve durata della notte consentono la generazione di elettricità nelle ore notturne senza l'ausilio del bruciatore ausiliario a gas naturale.

Nel dettaglio, alle 3, prima dell'alba, viene avviato l'impianto con l'utilizzo del bruciatore ausiliario. Poco prima delle 5 sorge il sole e l'irraggiamento progressivamente aumenta permettendo lo spegnimento del bruciatore ausiliario alle 5. Alle 6 la turbina a vapore opera a pieno carico e inizia ad essere disponibile energia termica solare in eccesso che può caricare il sistema di accumulo termico, che alle 18 raggiunge il completo caricamento. Alle 19 il sole tramonta, ma la turbina a vapore continua a operare ad un carico leggermente inferiore (circa l'85%) fino all'alba della giornata successiva, senza richiedere l'intervento del bruciatore ausiliario.

Figura 8.4.3a Strategia di funzionamento dell'impianto in una tipica bella giornata estiva
(Caso D.A.1 + Caso N.C)

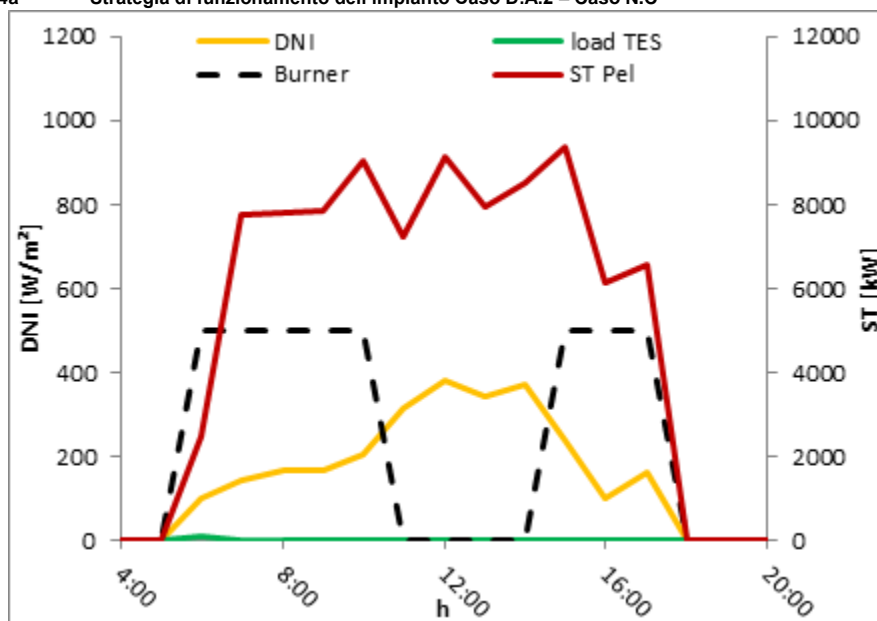


8.4.4 Caso D.A.2 – Caso N.D

Durante l'intero dì il sole e l'irraggiamento si mantengono a un basso livello. La turbina a vapore può essere esercitata solo con l'energia termica solare, ma non v'è eccesso disponibile per caricare il sistema di accumulo termico. Finché vi è energia termica solare disponibile, il bruciatore ausiliario viene utilizzato per migliorare il rendimento del ciclo acqua-vapore, aumentando l'energia termica che viene alimentata al GVR. In questo caso, il bruciatore ausiliario è utilizzato al mattino e alla sera, nelle ore centrali del dì è disponibile abbastanza irraggiamento solare per esercitare la turbina a vapore ad un carico elevato. Poiché il sistema di accumulo termico è scarico, non c'è energia termica solare disponibile per la notte, dunque il funzionamento dell'impianto con il solo bruciatore richiederebbe il consumo di una quantità elevata di gas, quindi l'impianto viene fermato. La produzione di energia elettrica potrebbe essere possibile solo nel caso ci fosse un urgente bisogno di sostenere la stabilità della RTN.

Nel dettaglio alle 5 sorge il sole e con il bruciatore ausiliario si procede all'avvio dell'impianto. Dato il ridotto irraggiamento, il bruciatore viene mantenuto in funzione fino a quando l'irraggiamento solare raggiunge livelli tali da sostenere la marcia della turbina a vapore a buoni livelli di carico (intorno all'80%), quindi il bruciatore viene spento e l'impianto marcia con il solo ausilio dell'energia termica solare. Nel tardo pomeriggio l'irraggiamento solare si riduce e dunque diviene necessario l'ausilio del bruciatore ausiliario per mantenere la turbina a vapore in marcia a buoni livelli di carico. Al tramonto, alle 18, dato che il sistema di accumulo termico non si è potuto caricare, l'impianto viene spento.

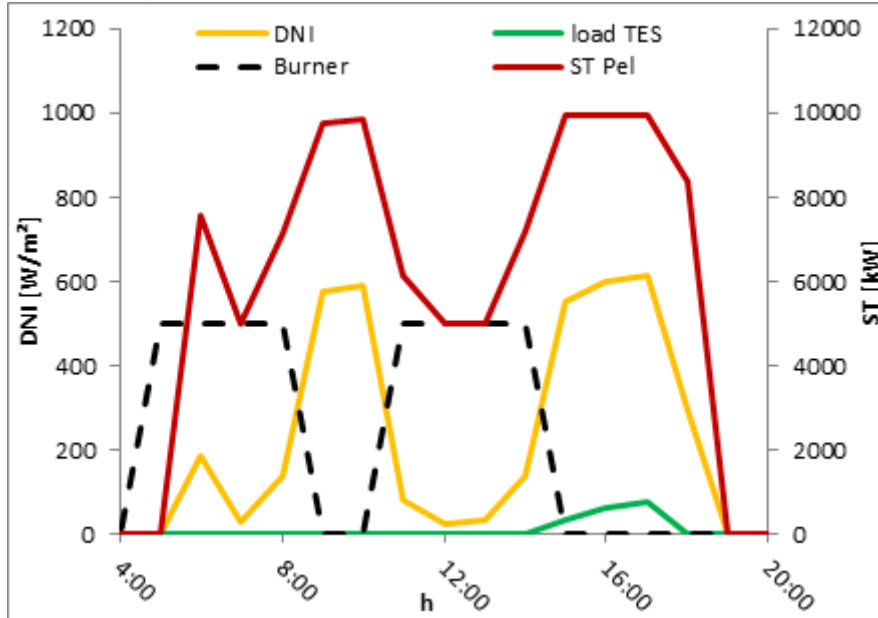
Figura 8.4.4a Strategia di funzionamento dell'impianto Caso D.A.2 – Caso N.C



8.4.5 Caso D.B.1 - Caso N.D

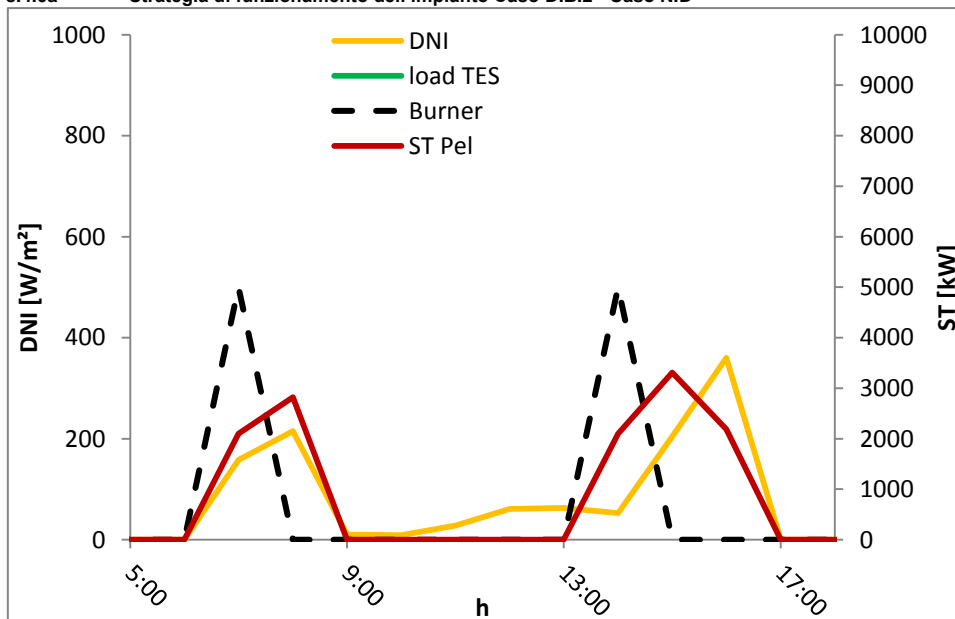
I livelli di irraggiamento sono molto fluttuanti durante il dì e non è possibile esercire la turbina a vapore con la sola energia termica solare. Il bruciatore ausiliario viene utilizzato per supplire alle fluttuazioni solari. Vale la pena supplire a tali fluttuazioni solo se si prevede che la loro durata sia breve, come nel caso illustrato nella successiva figura. Al tramonto, la turbina a vapore è spenta a causa della mancanza di carica disponibile nel sistema di accumulo termico.

Nel dettaglio, il grafico riprodotto nella seguente figura mostra la successione dei passaggi nuvolosi che riducono l'irraggiamento: in tali periodi solo l'uso del bruciatore ausiliario permette di mantenere la turbina a vapore in marcia, sebbene a carico ridotto. Il sistema di accumulo termico non raggiunge un livello di carica sufficiente a prolungare l'esercizio dell'impianto nella notte e dunque viene scaricato prima di procedere alla fermata dell'impianto.

Figura 8.4.5a Strategia di funzionamento dell'impianto Caso D.B.1 - Caso N.D


8.4.6 Caso D.B.2 - Caso N.D

In questo giorno tipo l'irraggiamento solare è bassissimo. Dalle 9 alle 14 non è disponibile abbastanza irraggiamento per esercire la turbina a vapore. A causa di questa lunga pausa, la turbina a vapore viene fermata alle 9 e riavviata di nuovo nel pomeriggio. Il bruciatore ausiliario non viene utilizzato per evitare l'arresto, ma solo per le procedure di avviamento. Nella notte non è prevista produzione di energia elettrica, dato che il sistema di accumulo termico è scarico.

Figura 8.4.6a Strategia di funzionamento dell'impianto Caso D.B.2 - Caso N.D


9 Bilancio Energetico

Alle condizioni discusse nei paragrafi precedenti, sono state eseguite delle simulazioni per calcolare il bilancio energetico annuo dell'impianto nella configurazione descritta. I risultati sono riportati nella seguente tabella. La produzione annuale totale di energia elettrica sarà di circa 40 GWh. La maggior parte sarà prodotta con energia termica solare (85%), la parte restante con l'ausilio del bruciatore ausiliario a gas naturale.

Tabella 9a **Bilancio energetico**

Parametro	Udm	Valore
Energia elettrica annuale netta prodotta	GWh	40,37
Energia elettrica annuale netta prodotta da fonte solare	GWh	34,31
Energia elettrica annuale netta prodotta da Bruciatore a gas	GWh	6,06
Fattore di capacità	-	46,08%
Ore equivalenti a pieno carico	h	4.037
Rendimento termodinamico	%	32,29%
Ore di funzionamento annuale stimate	h	4.932

10 Fase di Costruzione

10.1 Cronogramma dei lavori

La fase di costruzione avrà una durata totale di circa due anni e svilupperà le seguenti attività:

- La fase di preparazione del cantiere che prevede la preparazione del sito e il trasporto nel sito dei materiali e delle attrezzature necessarie;
- La fase di costruzione che comprenderà la realizzazione di:
 - strade di accesso e di servizio, interne ed esterne al sito;
 - aree di servizio al cantiere;
 - blocco di produzione di energia elettrica;
 - campo specchi;
 - torre solare;
 - sistema di accumulo termico;
 - infrastrutture ausiliarie (quali condotte idriche, linea gas, linea di telecomunicazioni);
 - cavo elettrico interrato per la consegna alla RTN dell'energia elettrica prodotta;
- La fase di commissioning, che includerà la fase di messa in servizio e di start-up dell'impianto solare a concentrazione.

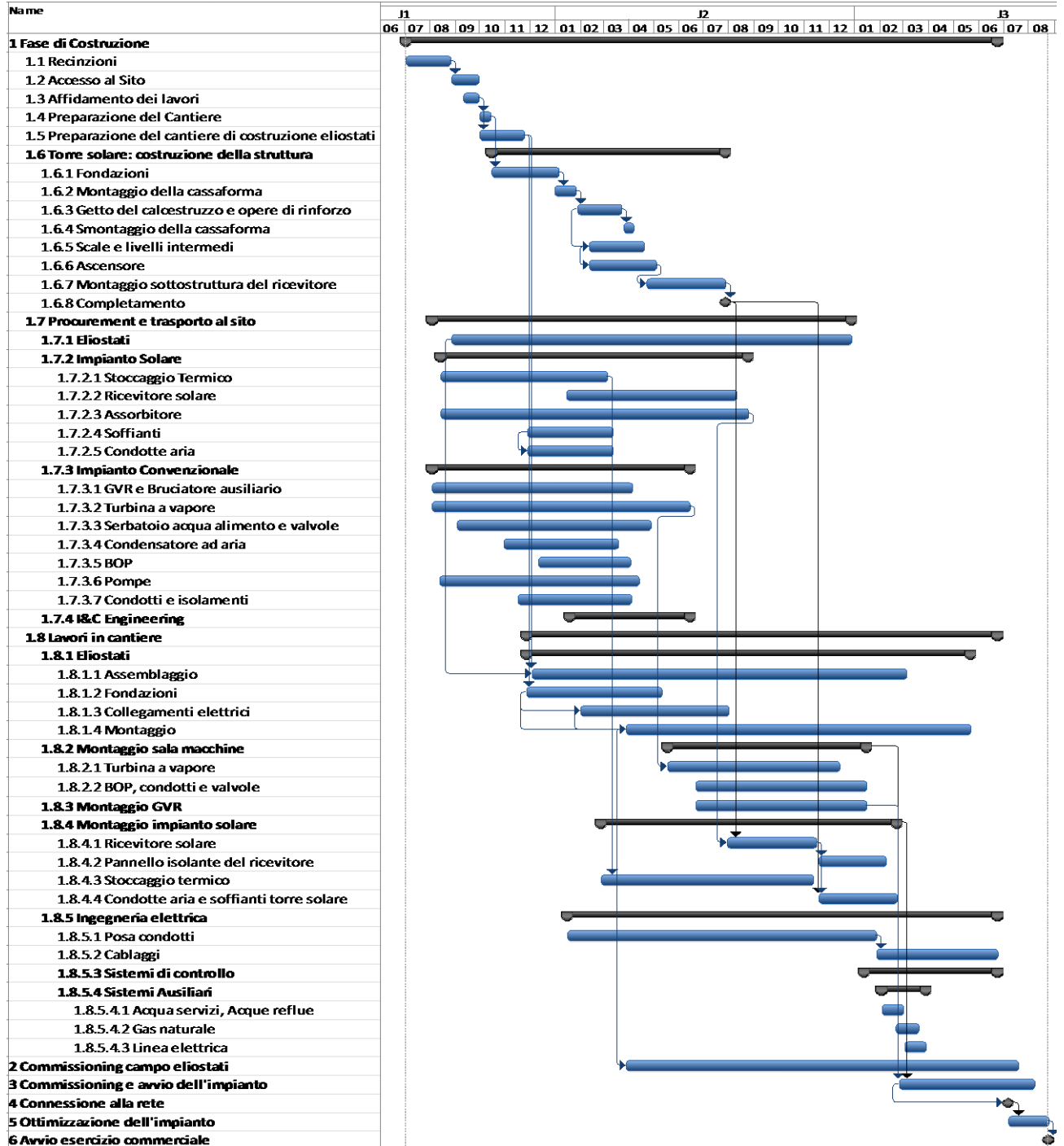
Le attività di cantiere saranno precedute dalla progettazione esecutiva e costruttiva, dall'approvvigionamento di materiali e dall'ordine delle apparecchiature elettromeccaniche.

Il progetto ha una durata totale di circa 26 mesi, ma le attività di costruzione in sito ammontano a circa 20 mesi. Conclusi i lavori di costruzione, in circa 6 mesi l'impianto sarà messo in esercizio. Si prevede la presenza di personale in sito solo durante le ore di lavoro.

La maggior parte degli operai impiegati, in particolare per i lavori civili, saranno reclutati attraverso ditte locali. Il personale non residente sarà alloggiato presso strutture ricettive della zona.

Nel successivo cronogramma dei lavori è presentato il dettaglio e la durata delle attività previste.

Figura 10.1a Cronogramma dei lavori



10.2 Aree interessate

Il sito proposto per l'impianto solare a concentrazione si trova a sud dell'esistente centrale a ciclo combinato En Plus di San Severo. La Figura 10.2a mostra la localizzazione del sito.

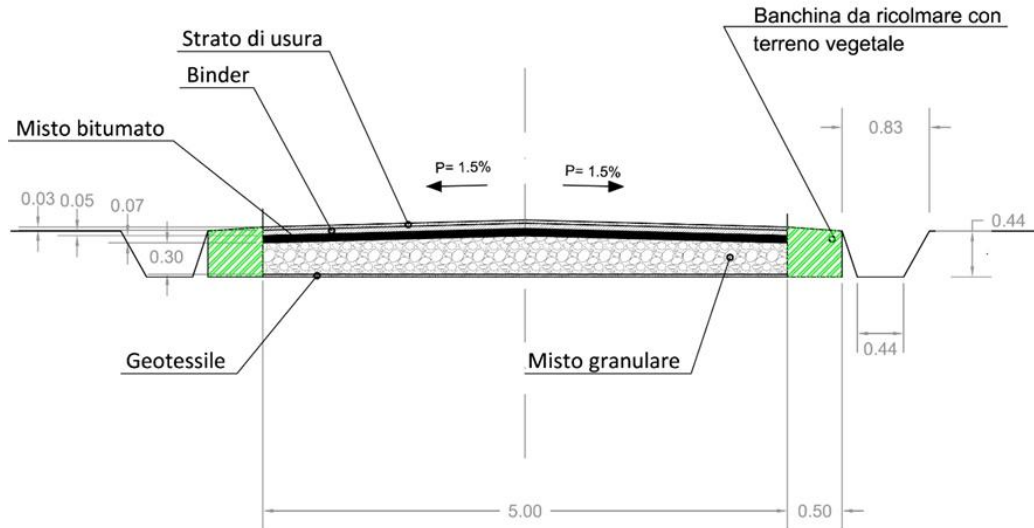
Figura 10.2a Area di intervento



La preparazione del sito includerà lo scotico superficiale delle aree occupate dalle strade, di accesso e interne, e dai componenti dell'impianto. Lo scotico, terreno di coltura, sarà accantonato per essere poi riutilizzato nelle sistemazioni finali del sito.

Il sito sarà accessibile tramite una strada, collegata alla strada provinciale SP20, che darà accesso alla centrale elettrica dell'impianto solare a concentrazione. Tale strada sarà utilizzata nella fase di costruzione e poi, in fase di esercizio utilizzata per interventi di manutenzione. Tale strada avrà una sezione di 5 m.

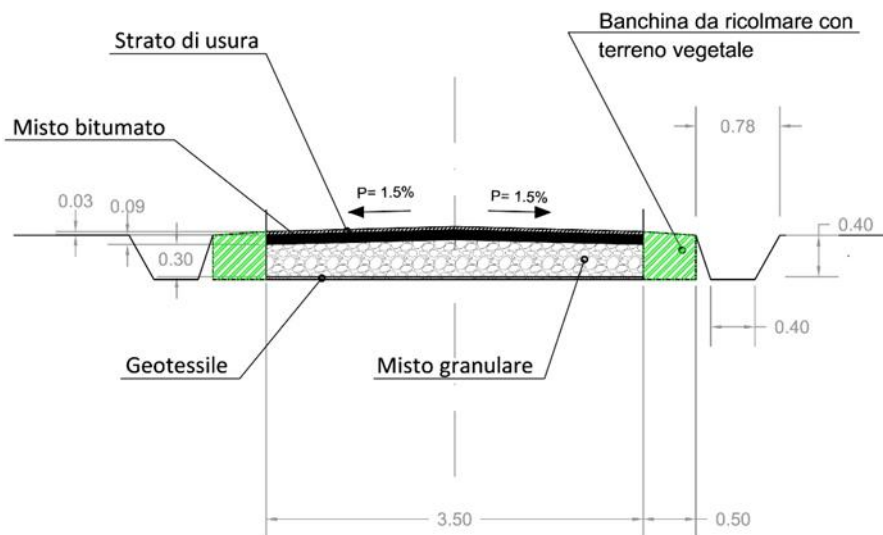
Figura 10.2b Sezione tipo strada di accesso



Misure in metri

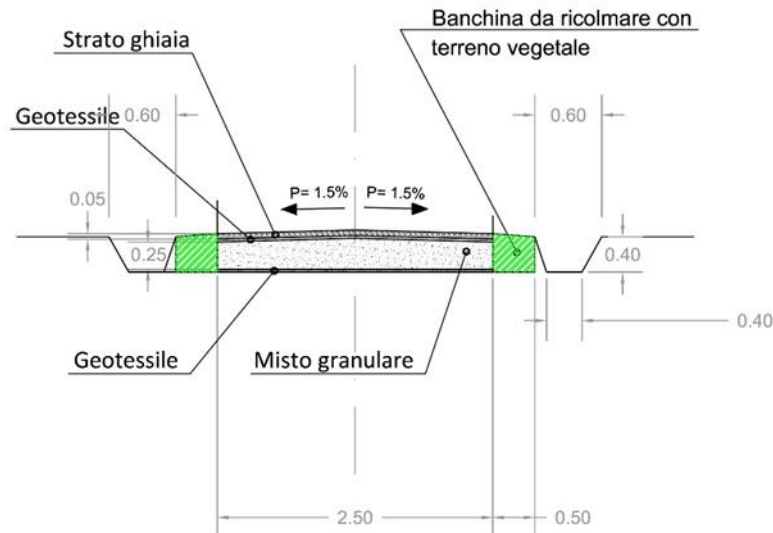
Dato che l'impianto solare a concentrazione sarà controllato e gestito dalla CCGT En Plus e dal suo personale, è prevista la realizzazione di una piccola strada di servizio tra la Centrale e l'impianto solare, che attraverserà il campo degli eliostati lungo il corridoio del gasdotto di alimentazione della CCGT. Tale strada di servizio sarà asfaltata e larga circa 3,5 metri.

Figura 10.2c Sezione tipo strada di servizio



Misure in metri

Nell'area di progetto sono infine previste piste in ghiaia stabilizzata lungo gli archi di specchi, che saranno utilizzate per la realizzazione delle fondazioni degli eliostati e per la loro manutenzione e lavaggio durante la fase di esercizio.

Figura 10.2d **Sezione tipo piste eliostati**


Misure in metri

10.3 Descrizione del cantiere

L'area di cantiere sarà situata nella parte meridionale del sito all'interno del recinto di impianto.

Sarà dotata di tutti i servizi necessari ai lavoratori e per l'esecuzione delle attività. Sarà dotata in particolare di container prefabbricati, dove saranno collocati gli uffici di cantiere e i servizi alle maestranze, e di piazzale impermeabilizzato per lo stoccaggio dei materiali di costruzione e per il parcheggio dei mezzi d'opera.

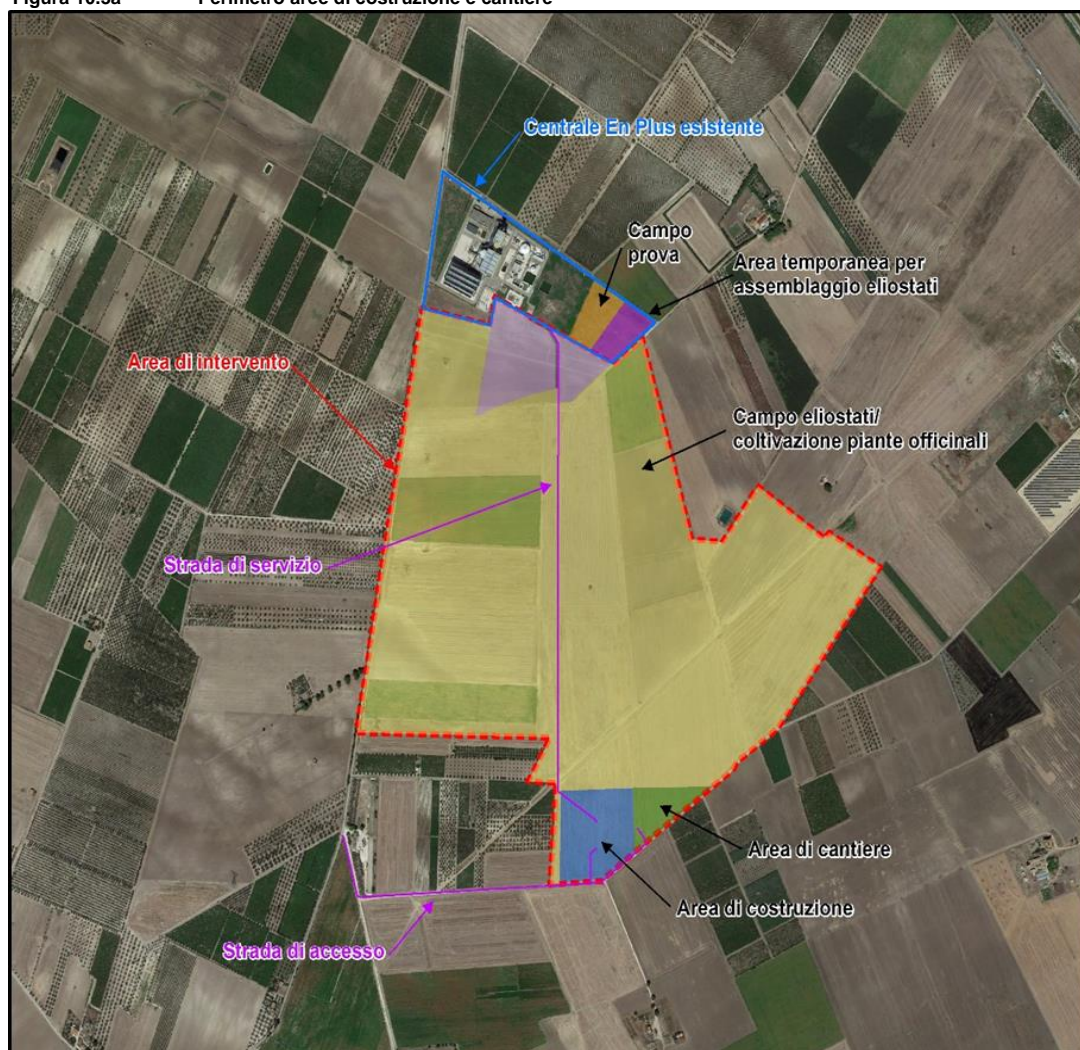
Inoltre un'ulteriore area, esterna al perimetro di impianto e situata nella parte nord (nelle vicinanze della CCGT), dell'ampiezza di circa 1 ha, sarà utilizzata per le linee di produzione e assemblaggio degli eliostati.

All'interno delle zone di costruzione saranno realizzati dei basamenti rigidi per l'installazione delle gru di sollevamento dei materiali.

L'occupazione delle aree di cantiere, rappresentate in Figura 10.3a, sarà di natura temporanea ed entrambe saranno dismesse e ripristinate a fine lavori.

Strade di servizio (temporanee e permanenti) e impianti di trattamento delle acque saranno costruiti per collegare le aree di cantiere con le strade e le vicine reti esistenti.

Figura 10.3a Perimetro aree di costruzione e cantiere



10.4 Edifici principali e le Tecniche di Costruzione

Le principali opere civili da realizzare nell'area di cantiere sono:

- strade, aree di carico e depositi di cantiere, connessi con la rete stradale esterna;
- recinzione;
- strutture dei cantieri temporanei (p.e.: uffici, spogliatoi e servizi igienici, edificio di assemblaggio degli eliostati);
- fondazioni e struttura della torre solare;
- sistema di accumulo termico;
- generatore di vapore a recupero (GVR);
- edificio della sala macchine (comprensiva di servizi igienici);
- condensatore ad aria;
- linee di alimentazione di acqua industriale e demineralizzata;
- rete di raccolta delle acque piovane e di scarico;

- collegamento alla rete e messa a terra;
- illuminazione;
- linea dati e telefonica;
- aree di parcheggio;
- sistema antincendio.

Le opere civili comprendono tutte le fondazioni necessarie per edifici ed apparecchiature della centrale elettrica e per i piazzali pavimentati.

Le macchine d'opera e le attrezzature di costruzione saranno trasportate al sito utilizzando la viabilità pubblica e poi la strada di accesso al cantiere stesso. Oltre a speciali attrezzature di sollevamento e gru, le attrezzature impiegate comprenderanno escavatori, autocarri, livellatrici, compattatori e autobetoniere.

Le principali macchine di lavorazione previste sono le seguenti:

1. Campo eliostati:
 - Tipica attrezzatura per la costruzione dell'edificio temporaneo di assemblaggio eliostati;
 - Le tecniche di costruzione per le fondazioni degli eliostati potranno variare in base alla statica del terreno. La fondazione tipo prevede tre pali per eliostato, i pali in ghisa vengono vibroinfissi nel terreno, quindi viene iniettata una boiaccia di calcestruzzo per assicurare l'aderenza del palo al terreno. A seconda delle caratteristiche del terreno, i pali possono raggiungere i 5 metri di profondità.
 - Scotico superficiale del terreno e bulldozer per la costruzione delle strade sterrate di servizio;
 - Canalette interrate a circa 60 cm di profondità nel campo specchi per un totale di circa 100 km;
2. Torre solare:
 - Escavatori e camion per lo scavo di fondazione;
 - Autobetoniere per il getto del calcestruzzo;
 - Gru per il montaggio della struttura, del ricevitore e delle tubazioni dell'aria.
3. Sistema di accumulo termico:
 - Escavatori e camion per lo scavo di fondazione;
 - Autobetoniere per il getto del calcestruzzo;
 - Gru per il montaggio della struttura.
4. Blocco di produzione elettrica (che comprende GVR, turbina a vapore, sistema di condensazione):
 - Escavatori e camion per lo scavo di fondazione;
 - Attrezzature tipiche di costruzione;
 - opere sotterranee (tombini, trincee, condotti cavi, condotte interrate, opere di drenaggio, fognature, ecc).

11 Uso di Risorse e Interferenze con l'Ambiente

11.1 Suolo

Il sito di realizzazione dell'impianto solare termodinamico di San Severo è localizzato in area agricola, attualmente interessata da colture estensive (prevalentemente seminativi e prati pascoli): in particolare non sono presenti colture pregiate legnose (oliveti e vigneti) o orticole.

L'impianto interesserà un'area della superficie totale di circa 102 ha: nella seguente tabella tale superficie è ripartita nelle varie aree funzionali.

Tipologia	Superficie [ha]	
Area agricola	45,7	
Area occupata dagli eliostrati (a verde)	41,3	
Area a verde libera	6	
Strade rurali non pavimentate , di cui:	7,1	
viabilità di servizio		5,9
viabilità perimetrale		1,2
Aree pavimentate , di cui:	2	
Blocco di produzione elettrica		1
Viabilità di collegamento alla CCGT		0,4
Viabilità di accesso al Blocco di produzione elettrica		0,1
Opificio piante officinale e viabilità di accesso		0,5
Area interna alla recinzione	102	
Strada di accesso esterna alla recinzione	0,5	

La distribuzione delle superfici è mostrata nel layout riportato in Tavola 911711607_BL00.

L'area occupata dagli eliostrati (41,3 ha) comprende gli spazi direttamente occupati dagli specchi e le relative aree di rispetto necessarie al loro movimento. La densità degli eliostrati è massima in prossimità della torre solare e decresce man mano che da essa ci si allontana. Quando lo spazio tra le file di eliostrati diviene pari o superiore a 18 m (circa a 500 m dalla torre solare), alle file di eliostrati si intervallano gli spazi colturali delle piante officinali. In tale area il terreno sarà mantenuto a copertura erbosa.

Le aree verdi libere (6 ha) comprendono spazi interni al sedime di progetto non utilizzati e mantenuti a copertura erbosa: tali aree comprendono gli spazi attorno al blocco di produzione elettrica, utilizzate in fase di costruzione per l'installazione del cantiere, e all'opificio e le aree di sicurezza non utilizzabili, collocate in corrispondenza del gasdotto di prima specie che alimenta la CCGT En Plus e della condotta a pressione del Consorzio di Bonifica della Capitanata.

Le strade rurali non pavimentate (7,1 ha) sono strade di servizio, rivestite in ghiaia e mantenute permeabili per l'infiltrazione delle acque meteoriche, utilizzate per la manutenzione degli eliostati e per dare accesso ai campi di coltivazione delle piante officinali.

Le aree pavimentate (2 ha) comprendono i piazzali che ospitano il Blocco di produzione elettrica e l'Opificio di trasformazione delle piante officinali e la relativa viabilità di accesso e la viabilità di collegamento tra la centrale solare e la CCGT En Plus.

Infine nella realizzazione del progetto sarà potenziato e reso idoneo all'uso il tratto di strada vicinale che collega il sito di impianto alla SP 20.

Inoltre, durante la fase di costruzione, sarà occupata temporaneamente un'area esterna, adiacente alla CCGT e di proprietà En Plus, della superficie complessiva di 1 ha, per l'assemblaggio degli eliostati. Tale area temporanea sarà ricoperta da geotessili in modo da facilitarne il ripristino a fine lavori.

Durante la fase di costruzione, l'accesso al sito sarà limitato solo al personale interessato ai lavori.

Nella seguente tabella sono riportate le dimensioni dei principali edifici e manufatti presenti nell'area di sito, in particolare nell'area del blocco di produzione elettrica.

Tabella 11.1b Edifici e manufatti dell'impianto CSP

Componente	Lungh. [m]	Larg. [m]	Altezza [m]	Superficie [m²]	Volume [m³]
Torre solare	13,5	13,5	125	182	22.750
Sistema di accumulo termico	53	33	13,5	1.749	23.612
GVR	12,82	6,16	18,15	79	1.434
Condensatore ad aria	38,6	12,5	21	483	10.143
Stazione di riduzione del gas	7	3	2,82	21	59
Skid del Bruciatore	3,3	3	2	10	20
Serbatoio acqua demineralizzata	3	3	4	9	36
Serbatoio acqua grezza	5	5	5	25	125
Sala macchine	27	21	10,5	567	5.954
Trasformatore ausiliario	5	4	5	20	100
Totale				3.145	64.233

Le superfici impermeabilizzate, che comprendono strade, piazzali, edifici e manufatti della centrale ammontano in complesso a circa 20.026 m². Nella seguente tabella è riportato il dettaglio.

Tipo	Superficie [m ²]
Piazzali, edifici e manufatti	13.891
Strada di servizio (collegamento CCGT)	4.470
Vasca acque reflue	625
Strada di accesso (interna recinzione)	1.040
Totale superfici impermeabilizzate	20.026

Considerata una superficie complessiva d'intervento di circa 102 ha, la superficie impermeabilizzata ammonta a circa al 2%.

11.2 Risorse impiegate

Durante la **fase di costruzione** sono utilizzate diverse materie prime, principalmente calcestruzzo e acciaio.

Le fondazioni di tutte le costruzioni saranno realizzate in calcestruzzo armato, così come le strutture di molti edifici e della torre. La ghisa sarà utilizzata per la realizzazione della struttura di supporto interna alla torre e per le fondazioni degli eliostati, applicando una tecnologia (quella del palo vibroinfisso iniettato, che permette di limitare le opere di scavo e il consumo di calcestruzzo.

Durante la **fase di esercizio**, diverse sostanze chimiche saranno dosate nel ciclo acqua vapore e nel sistema di raffreddamento, com'è normale in tutte le centrali termoelettriche. In termini quantitativi si stima un consumo annuo di ammoniaca pari a circa 20 l (in soluzione al 25%) e un consumo annuo di fosfato di sodio pari circa a 15 l (in soluzione al 50%).

11.2.1 Dosaggio di Fosfato di Sodio

Per evitare la corrosione nel ciclo acqua – vapore il fluido circolante nella caldaia viene mantenuto alcalino mediante il dosaggio di fosfato di sodio (Na₃PO₄). Tale sostanza viene miscelata in serbatoio con acqua demineralizzata e dosata mediante una pompa nella caldaia in modo che il valore del pH dell'acqua circolante sia mantenuto fra 9,5 e 10.

11.2.2 Dosaggio di Ammoniaca

Il pH dell'acqua di alimentazione sarà mantenuto sotto controllo mediante il dosaggio di ammoniaca nel serbatoio dell'acqua di alimento. L'ammoniaca sarà conservata in un serbatoio e alimentata al circuito da una pompa. Un misuratore di pH ne regolerà il dosaggio in modo di mantenere il pH dell'acqua di alimento tra 9,2 e 9,5.

11.2.3 Glicole

La resistenza al gelo (fino a -5°C) dell'acqua circolante nel sistema di raffreddamento degli ausiliari è incrementata mediante l'aggiunta di glicole all'acqua demineralizzata.

11.3 Movimenti terra

Durante la **fase di costruzione** il sito sarà preliminarmente preparato per la realizzazione delle opere civili.

Nell'area di occupazione temporanea presso il cantiere e l'area di costruzione, mostrate in Figura 10.3a, verrà rimosso lo scotico per circa 0,5 m di profondità. Questo terreno sarà poi utilizzato a fine attività per il ripristino dei luoghi.

Uno scotico più leggero, circa 0,25 m, verrà effettuato lungo le strade sterrate di accesso agli eliostati.

Per le caratteristiche specifiche del terreno e delle opere da realizzare saranno adottati diversi tipi di fondazione, dirette e indirette. In particolare, le fondazioni in calcestruzzo armato sono previste solo per alcuni servizi (GVR, sala macchine, torre solare, sistema di condensazione). Per la stima dei volumi di scavo si è considerata una profondità delle opere di 2 m per la torre solare e di 1 m per gli altri componenti. La seguente tabella riassume i volumi di scavo attesi.

Il tipo di fondazione preferita per gli eliostati è costituita da tre pali iniettati. I pali sono costituiti da un tubo d'acciaio interno avente diametro di 118 mm e da una stuccatura esterna in calcestruzzo avente diametro di 220 mm. Il piede d'acciaio sarà guidato direttamente nella terra per una profondità max. di ca. 5 m. Le fondazioni degli eliostati, contrariamente a quelle dei collettori parabolici, sono puntuali e dunque non sono richiesti particolari lavori preliminari di livellazione del sito.

Nella seguente tabella è riportata una stima degli scavi e dei riporti effettuati per la realizzazione dell'impianto.

Tabella 11.3a Stima dei volumi di scavo, rinterrati e dei residui

Opera	volume scavo [m ³]	volume rinterrati [m ³]	Volume residuo [m ³]
Piazzali impianto	7.906	2.372	5.534
Strada di accesso	2.588	776	1.811
Trincea di collegamento CSP/CCGT	2.588	776	1.811
Torre solare	1.383	415	968
Sistema di accumulo termico	2.011	603	1.408
GVR	91	27	64
Condensatore ad aria	555	166	388
Stazione di riduzione del gas	24	7	17
Skid del bruciatore a gas	11	3	8
Serbatoio dell'acqua demineralizzata	10	3	7
Serbatoio dell'acqua grezza	29	9	20
Sala macchine	652	196	456
Trasformatore ausiliario	1.438	431	1.006
Bacino di raccolta delle acque reflue/meteoriche	23	7	16
Eliostati	8.779	2.634	6.145
Canalette cavi di comando e alimentazione eliostati	2.760	828	1.932
Strade non pavimentate di servizio eliostati	40.825	12.248	28.578
Area per assemblaggio eliostati	776	233	543
Totale	72.449	21.734	50.712

I volumi residui di terra non utilizzati per i rinterrati, se risulteranno conformi ai limiti di cui al D.Lgs.152/06 Allegato 5 Titolo V, Parte IV Tabella 1 Colonna A, saranno impiegati all'interno del sito per livellamenti e sistemazioni morfologiche.

11.4 Atmosfera e Qualità dell'Aria

L'impianto solare a concentrazione non produce emissioni quando utilizza solo energia solare. Invece, se viene utilizzato il bruciatore ausiliario a gas naturale come fonte energetica integrativa, la produzione elettrica dell'impianto comporta emissioni in aria. Tuttavia, il gas naturale è la fonte di energia fossile più pulita. I suoi principali prodotti di combustione sono vapore acqueo, anidride carbonica, monossido di carbonio e ossidi di azoto. Il metano (CH₄) è inoltre l'idrocarburo con la più elevata quota di idrogeno rispetto al carbonio. Pertanto la combustione del metano emette, a parità di energia fornita, il quantitativo più basso di anidride carbonica rispetto ad altri combustibili fossili. Le emissioni di altri inquinanti, come ossidi di zolfo o di particolato, comuni alle altre fonti di energia termica, sono trascurabili.

Di seguito sono valutate le emissioni di CO₂ e di ossidi di azoto evitate in un anno per mezzo dell'impianto solare a concentrazione.

11.4.1 Anidride carbonica

L'impianto solare a concentrazione proposto utilizza prevalentemente energia solare per generare elettricità.

Considerato che l'emissione specifica media del parco di generazione elettrica della Puglia ammonta a circa 497,69 g CO_{2eq}/kWh_e, si stima che l'impianto CSP, con una produzione elettrica netta da fonte solare di 34,31 GWh/a, consenta di evitare in un anno l'emissione di circa 17.000 t di CO_{2eq}.

Dunque l'impianto solare a concentrazione di San Severo è un'opportunità molto interessante per la riduzione delle emissioni di CO₂, gas a effetto serra, nella generazione elettrica.

11.4.2 Ossidi di azoto

La formazione di ossidi di azoto nella combustione con gas naturale è dovuta prevalentemente all'azoto presente nell'aria. Il grado di conversione dell'azoto molecolare in NO_x dipende dalla temperatura e dall'eccesso di ossigeno.

Nel caso dell'impianto CSP di San Severo il contenuto di ossidi di azoto nei fumi rientrerà ampiamente nei limiti di legge previsti per "Impianti di combustione con potenza termica nominale inferiore a 50 MW" che utilizzano combustibili gassosi (rif. D.Lgs. 152/2006 – Parte V – Allegato 1 / Parte III). Si riportano di seguito i relativi limiti normativi e i valori di emissione limite garantiti dal Costruttore.

Tabella 11.4.2a Limiti normativi e dati emissivi limite garantiti dal Costruttore (valori riferiti ad un tenore di ossigeno nell'effluente gassoso del 3%)

Inquinante	Limite D.Lgs. 152/2006 [mg/Nm ³]	Concentrazione di riferimento garantita dal Costruttore [mg/Nm ³]
Ossidi di Azoto (NO _x)	100	100

Considerato che l'emissione specifica media del parco di generazione elettrica della Puglia ammonta a circa 0,305 g NO_x/kWh_e, si stima che l'impianto CSP, con una produzione elettrica netta da fonte solare di 34,31 GWh/a, consenta di evitare in un anno l'emissione di circa 10,5 t di ossidi di azoto.

Oltre agli Ossidi di Azoto viene anche emesso Monossido di Carbonio, con una concentrazione di 70 mg/Nm³ e un flusso di massa annuale di 1,37 t/a.

I prodotti di combustione sono emessi in atmosfera miscelati all'aria fredda di ricircolo dal ricevitore in cima della torre solare (si veda paragrafo 5.2).

Nella seguente tabella si riporta lo scenario emissivo dell'impianto CSP.

Tabella 11.4.2b Scenario emissivo dell'impianto CSP

Parametro	UdM	Valore
Altezza minima punto di emissione dal suolo	m	108
Area di emissione	m ²	7,44
Temperatura fumi	°C	120
Portata fumi umida (tal quale)	Nm ³ /h	20.916
Portata fumi secca @ 3% O ₂₆	Nm ³ /h	16.001
Portata fumi umida @ 3% O ₂	Nm ³ /h	19521,6
Ore Annue di funzionamento (eq. a pieno carico)	h/a	1.222
Concentrazione NOx (come NO ₂)	mg/Nm ³	100
Concentrazione CO	mg/Nm ³	70
Flusso di massa NOx (come NO ₂)	kg/h	1,60
	g/s	0,44
Flusso di massa CO	kg/h	1,12
	g/s	0,31

A causa dell'utilizzo del gas naturale come combustibile di integrazione è prevista un'emissione di Ossidi di Azoto pari a 1,96 t/anno.

11.5 Prelievi Idrici

L'acqua necessaria al funzionamento dell'impianto solare a concentrazione sarà fornita dall'impianto di trattamento acqua della centrale En Plus, mediante condotte dedicate. Tale fornitura comprenderà acqua grezza e acqua demineralizzata.

L'impianto solare a concentrazione ha necessità di acqua nella fase di costruzione, per lo più per il controllo delle polveri e per usi sanitari. Si stima che il consumo di acqua sarà pari a 3 m³/giorno.

In fase di esercizio l'acqua è necessaria per il reintegro del ciclo vapore e per le operazioni di pulizia degli specchi.

Il fabbisogno di acqua demineralizzata per il reintegro nel ciclo termodinamico è minimo e pari a 8.200 m³/a.

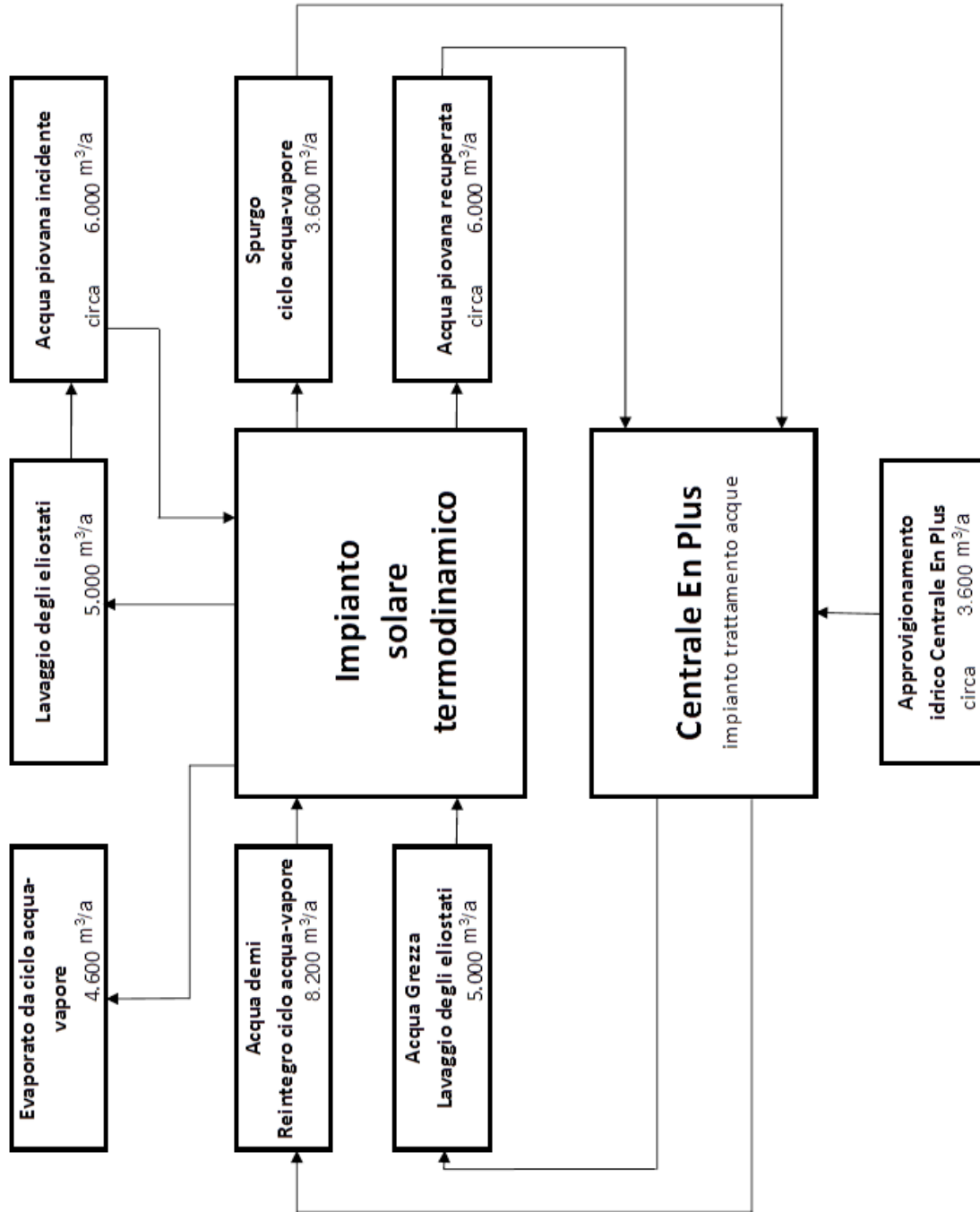
La pulizia degli eliostati ha un grande effetto sull'efficienza dell'impianto: l'eventuale sporcizia infatti ne riduce drasticamente la performance. Pertanto, gli eliostati devono essere regolarmente

puliti. Per ogni ciclo di lavaggio sono necessari circa 80 l di acqua, e dunque, considerato il numero di cicli di lavaggio di un anno (circa 15 per eliostato), si è stimato un consumo complessivo di circa 5.000 m³/a di acqua grezza. Per il lavaggio degli eliostati sarà usata acqua grezza a pressione senza alcun additivo (detersivo o altro).

Nella seguente figura è presentato il bilancio idrico annuale dell'impianto.

Considerato un funzionamento equivalente a pieno carico pari a 4.037 h/anno, il consumo medio orario risulta, al netto delle acque riciclate e recuperate, pari a 0,9 m³/h.

Figura 11.5a Bilancio idrico dell'impianto



11.6 Scarichi Idrici

L'impianto solare a concentrazione di San Severo sarà collegato alla CCGT esistente En Plus da condutture con cui le acque reflue saranno collettate all'impianto di trattamento delle acque della centrale a ciclo combinato.

Si ricorda che la centrale En Plus di San Severo è attrezzata con un impianto *Zero Liquid Discharge* ovvero nessun quantitativo di acqua reflua è scaricato in alcun corpo ricettore.

Le acque reflue di processo prodotte dall'impianto solare a concentrazione sono stimate in circa 3.600 m³/anno e saranno totalmente riciclate nell'impianto En Plus. L'unico prodotto secondario del trattamento è costituito da sali in uscita dal cristallizzatore della Centrale di En Plus, per un quantitativo stimabile in 1 m³/anno e dunque irrisorio.

Non è prevista la produzione di acque reflue sanitarie dato che i servizi igienici dell'impianto (non presidiato) saranno del tipo chimico o compostabile.

Le acque meteoriche saranno raccolte da una rete dedicata e addotte ad una vasca, unitamente alle acque reflue di processo, da cui mediante un sistema di pompaggio (2 pompe, di cui una di riserva) saranno rilanciate verso l'impianto di trattamento acque della CCGT esistente En Plus per il recupero. La vasca avrà un volume di circa 1.000 m³.

In totale, incluse le acque piovane incidenti sulle superfici pavimentate dell'impianto, saranno recuperate e riciclate circa 9.600 m³/anno, pari in media a circa 2,4 m³ ogni ora di funzionamento dell'impianto CSP.

11.7 Rumore

Durante **la fase di costruzione** le sorgenti di rumore più significative sono relative alle macchine movimento terra utilizzate (principalmente escavatori e grader) e dal transito di veicoli pesanti e camion. Tali sorgenti di rumore opereranno solo durante il giorno e in modo discontinuo.

Durante **la fase di esercizio**, le sorgenti di rumore più significative sono elencate nella seguente tabella, che riporta le relative caratteristiche e potenze sonore.

Tabella 11.7a Sorgenti di rumore

Componente	Funzionamento	Localizzazione	Punto di emissione	Altezza [m]	Potenza sonora dB(A)
Ricevitore solare	diurno	torre solare	cima della torre	112	105
Ricevitore solare	notturno	torre solare	cima della torre	112	90
Ventilatore di raffreddamento del ricevitore solare	diurno	torre solare	cima della torre	125	86
Ventilatore aria di circolazione	diurno	esterno	pie di della torre, al suolo	~3	102
Ventilatore del GVR	24 h	esterno	dietro la caldaia, al suolo	~3	85
Condensatore ad Aria	24 h	esterno			103,4
Condensatore degli ausiliari	24 h	esterno	tetto della sala macchine	~13	87,2
Stazione di riduzione del gas naturale	24 h	esterno	Container al suolo presso GVR e ventilatore aria comburente		90,5
Skid del bruciatore (con ventilatori)	24 h	esterno	al suolo presso GVR e ventilatore aria comburente		86
Sala macchine	24 h	esterno			89,8
Trasformatore degli ausiliari	24 h	esterno	al suolo presso la sala macchine		75,4
Eliostati	Diurno (discontinuo)	esterno	motori di movimento degli eliostati	4,5	55

Il ricevitore sarà montato sulla cima della torre solare e punterà a nord. Pertanto il rumore dei ventilatori e del convogliamento dell'aria verrà emesso solo in tale direzione.

Dato che l'impianto solare a concentrazione opera 24 ore al giorno, sono state assunte una serie di misure, quali l'isolamento e la schermatura acustica delle apparecchiature, per ridurre le emissioni di rumore e per rispettare i limiti di emissione acustica di legge, sia nel funzionamento diurno che notturno.

11.8 Rifiuti

La tecnologia solare a concentrazione fornisce significativi vantaggi ambientali rispetto alle fonti energetiche convenzionali, principalmente per l'assenza di produzione di rifiuti. Durante la vita utile dell'impianto, stimata in almeno 30 anni, la produzione di rifiuti è quasi assente, eccetto rifiuti derivanti dalle attività di manutenzione e sostituzione dell'olio esausto, inviato a recupero presso centri specializzati e delle batterie al piombo, la cui sostituzione è stimata ogni 10 anni.

Durante la fase di cantiere, la produzione di rifiuti riguarderà principalmente imballaggi, sfridi e rifiuti provenienti da attività di costruzione e demolizione. Saranno adottate le misure necessarie per assicurare che i rifiuti siano trattati, recuperati o smaltiti senza pericolo per la salute pubblica in conformità alle normative applicabili.

All'interno dell'area impianto sarà allestito un deposito temporaneo per il raggruppamento dei rifiuti secondo quanto previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., Parte Quarta, Art. 183 comma 1 lettera bb). Il deposito temporaneo sarà organizzato per categorie omogenee di rifiuti in base ai codici CER, nel rispetto delle relative norme tecniche. I rifiuti pericolosi saranno trattati nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute.

11.9 Traffico

Durante la fase di costruzione, i componenti di impianto, i materiali e le attrezzature da costruzione saranno trasportati al sito da mezzi pesanti. La maggior parte dei materiali e delle attrezzature potrebbero essere ingombranti e potrebbero richiedere trasporti eccezionali con veicoli speciali, del tipo scortato e non scortato, per garantire la sicurezza durante il trasporto. Tutti i veicoli pesanti accederanno al cantiere di giorno attraverso le strade di accesso esistenti e le strade temporanee di cantiere descritte nel paragrafo 10.2.

Durante la fase di costruzione, si è stimato un volume di traffico medio settimanale di 35 automezzi pesanti, pari a 7 al giorno.

Nel periodo di picco, che dovrebbe durare circa 2 mesi, è stato stimato il transito di circa 120 camion a settimana (circa 24 al giorno, equivalenti a circa 5 veicoli all'ora, compreso il viaggio di ritorno senza carico).

Durante la fase di esercizio, il traffico indotto dall'impianto solare a concentrazione si stima essere trascurabile.

11.10 Personale

La costruzione dell'impianto solare a concentrazione di San Severo si prevede possa creare, in totale, circa 300 posti di lavoro, di cui circa il 60% per personale a ridotta specializzazione professionale (ad esempio manovali edili, personale di sicurezza ecc.) o semi-specializzato (ad esempio autisti, operatori di macchine d'opera ecc.), e il 40% per personale specializzato (ad esempio ingegneri, supervisori, tecnici ecc.). La maggior parte di tali posti di lavoro, in particolare per personale specializzato e semi-specializzato, sono suscettibili di essere attivati dalle imprese appaltatrici incaricate: gli imprenditori locali saranno incoraggiati a presentare offerte per la realizzazione delle opere civili, meccaniche ed elettriche.

Si prevede che circa 100 lavoratori saranno impiegati simultaneamente durante la fase di costruzione, con un picco di circa 200 lavoratori. Saranno necessari elettricisti, montatori, operatori di gru e operatori di attrezzature pesanti.

In fase di esercizio, il personale che lavorerà nell'impianto solare a concentrazione sarà diviso tra personale operativo e personale addetto alle manutenzioni (provenienti da imprese esterne). Si stima che in totale, saranno impiegati 15 addetti.

Il personale di manutenzione sarà impiegato per svolgere le attività manutentive previste secondo il piano di manutenzione di ogni componente dell'impianto. Il piano di manutenzione sarà definito sulla base delle indicazioni dei vari fornitori dei diversi componenti d'impianto.

11.11 Irraggiamento

L'irraggiamento provocato dal funzionamento dell'impianto CSP di San Severo è generato dalle seguenti sorgenti:

1. Il ricevitore del CSP, che come tutti i corpi caldi, in virtù della sua temperatura superficiale, irradia calore a mezzo di onde elettromagnetiche;
2. Il campo eliostati: la radiazione solare viene riflessa dai singoli eliostati e concentrata sul ricevitore.

Quando viene meno l'irraggiamento solare (prime ore della sera o cielo nuvoloso) l'unico irraggiamento possibile è quello del ricevitore, ovviamente fino a quando quest'ultimo ha una temperatura tale da provocare radiazione termica.

Come soglie di riferimento con cui confrontare la radiazione generata, non essendo disponibili soglie specifiche per questa tipologia di impianti, sono state considerate, a titolo indicativo, quelle riportate nelle Tabelle A.3 e A.4 dell'Allegato A dello standard UNI EN 1473 per l'irraggiamento generato dalle torce di impianti di gas naturale liquefatto. In tale standard è indicato il valore di 1,5 kW/m² come valore di soglia fino al quale non si registrano conseguenze per le persone (la norma definisce tale valore per sale controllo, magazzini, laboratori, officine, uffici amministrativi interni all'impianto e per aree urbane e industriali esterne all'installazione).

Nello standard è indicato inoltre il valore di 5 kW/m² in caso di guasto.

11.11.1 Ricevitore

Il ricevitore del CSP, come tutti i corpi caldi, in virtù della sua temperatura superficiale emette calore a mezzo di onde elettromagnetiche.

La massima radiazione termica totale del ricevitore in condizioni normali di esercizio è pari a 9 MW_t.

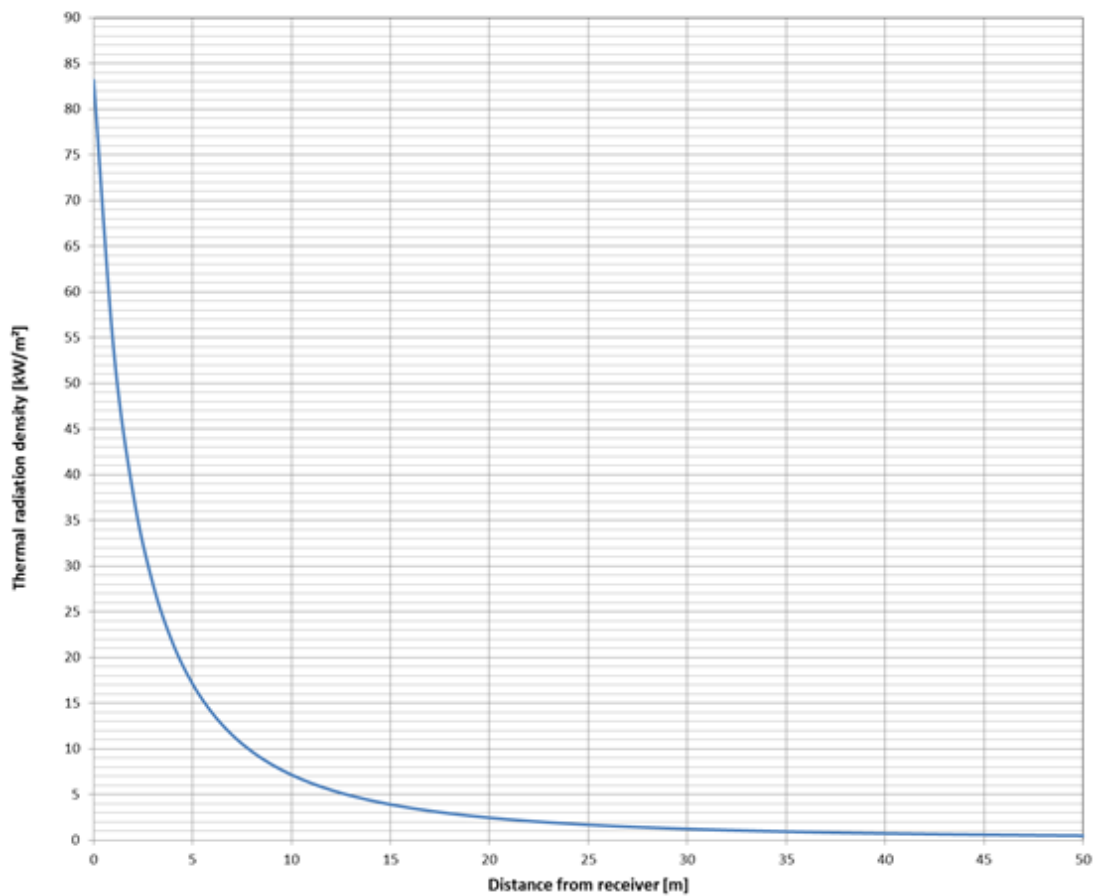
Tale radiazione viene emessa attraverso l'apertura del ricevitore, avente una superficie di circa 108 m², che si trova all'estremità superiore della torre sul lato che si affaccia sul campo eliostati.

L'irraggiamento termico dell'apertura del ricevitore, pari alla radiazione termica totale divisa per la superficie dell'apertura stessa, è circa 83,2 kW/m².

Nel grafico seguente si riporta l'andamento dell'irraggiamento generato dal ricevitore in funzione della distanza dallo stesso.

Tale andamento è stato stimato secondo la legge dell'inverso del quadrato schematizzando il ricevitore con una sorgente radiante emisferica avente una superficie pari a quella dell'apertura del ricevitore (circa 108 m²) e lo stesso irraggiamento (83,2 kW/m²).

Tabella 11.11.1a Andamento dell'irraggiamento generato dal ricevitore in funzione della distanza dallo stesso



Come emerge dal suddetto grafico, quando il ricevitore è l'unica fonte di irraggiamento, a 27 m di distanza dallo stesso l'irraggiamento è pari a 1,5 kW/m², soglia alla quale le persone non subiscono conseguenze. In conclusione, il ricevitore (quando è l'unica fonte di irraggiamento) è tale da non esporre a irraggiamenti pericolosi né le persone che operano nell'impianto (l'accesso e la manutenzione alla torre sono vietati quando l'impianto è in funzione), né quelle esterne ad esso.

11.11.2 Campo Eliostati

In condizioni normali di esercizio l'irraggiamento generato dagli eliostati è contenuto all'interno di un volume che può essere schematizzato con un poliedro che ha una faccia coincidente con il campo eliostati e le altre facce delimitate dalle congiungenti gli spigoli del campo eliostati con il ricevitore.

All'interno di questo poliedro l'irraggiamento aumenta mano a mano che si procede verso il ricevitore.

Le elaborazioni eseguite per la stima del valore dell'energia irraggiata verso il ricevitore dal campo eliostati ha permesso di determinare che il valore soglia di $1,5 \text{ kW/m}^2$ è raggiunto all'altezza minima dal suolo di circa 15,3 m.

11.11.3 Irraggiamento totale

L'irraggiamento totale dell'impianto CSP è dato dalla somma dell'irraggiamento del ricevitore e di quello generato dal campo eliostati. Dato che l'irraggiamento generato dal ricevitore è, nelle condizioni di massimo carico, trascurabile rispetto all'irraggiamento del campo eliostati già a una distanza dal ricevitore di circa 30 m, si stima che l'altezza minima dal suolo a cui viene raggiunto il valore soglia di $1,5 \text{ kW/m}^2$ è di circa 15,3 m.

Per quanto detto, l'irraggiamento del CSP, in condizioni di normale esercizio, è tale da non esporre a irraggiamenti pericolosi né il personale che è presente nell'impianto (l'accesso e la manutenzione alla torre sono vietati quando l'impianto è in funzione), né le persone all'esterno dell'impianto.

11.11.4 Accorgimenti di sicurezza

La posizione del ricevitore è programmata nel firmware di ogni eliostato e ulteriori misure di sicurezza, quali sensori di temperatura nella pannellatura termoisolante che circonda il ricevitore e una termocamera sensibile ai raggi infrarossi, controllano che l'energia solare riflessa dall'intero campo eliostati possa essere concentrata solo sul ricevitore stesso. Inoltre, come già ricordato, non è consentito al personale l'accesso alla torre quando il campo eliostati è in funzione (*tracking*) e se accidentalmente qualcuno entra nella torre, dei rilevatori di presenza inducono lo spostamento degli eliostati in posizione di sicurezza finché la persona non ha lasciato la torre.

In posizione di stand-by, gli eliostati continuano il *tracking* (l'inseguimento del sole), ma riflettono la luce del sole in un punto di mira esterno al ricevitore: ogni eliostato ha un proprio e diverso punto di mira esterno al ricevitore: ciò permette di non superare in qualsiasi punto esterno al ricevitore i limiti di irraggiamento consentiti.

Quando l'impianto CSP non è in funzione tutti gli eliostati sono posti in posizione di riposo (la cosiddetta posizione *stow*), con lo specchio perpendicolare al terreno. Quando il sole è alto sull'orizzonte, gli specchi riflettono la luce del sole sul terreno direttamente di fronte a loro. Gli unici momenti in cui gli eliostati in posizione di riposo possono riflettere la radiazione solare ad altezza uomo è quando il sole è basso sull'orizzonte, cioè la mattina e la sera: tuttavia in questi periodi la radiazione solare è molto debole. Altrimenti tutti gli eliostati vengono spostati in una posizione di riposo tale che la luce del sole non raggiunga la superficie dello specchio (p.e. gli eliostati collocati a est del campo sono puntati verso ovest e quelli nella parte ovest verso est, così la mattina i primi fanno ombra sui secondi e viceversa durante la sera).

Un eliostato in avaria potrebbe trovarsi in una posizione diversa da quelle sopra descritte, ma gli eliostati più esterni al campo sono costruiti in modo che non concentrino la luce del sole per più di 5 kW/m^2 . Solo un eliostato in avaria nella prima fila o nelle posizioni marginali del campo può riflettere la radiazione solare all'esterno del campo, perché gli eliostati interni al campo sono messi in ombra dagli eliostati vicini.

Per poter essere pericolosi per le persone, almeno 3 o 4 eliostati (data la ridotta radiazione solare del mattino e della sera) vicini tra loro, prossimi al margine del campo e dunque non messi in ombra da eliostati vicini dovrebbero essere in avaria allo stesso momento e per coincidenza essere puntati sullo stesso punto. La probabilità che ciò avvenga è remota. Infatti, solo se in avaria, un eliostato potrebbe puntare in qualsiasi direzione, ma un allarme avviserà immediatamente il personale dell'impianto che provvederà a sistemarlo nella posizione orizzontale di sicurezza manualmente.

12 Decommissioning dell'Impianto a Fine Vita

L'impianto solare termodinamico ha una vita tecnica stimata in 30 anni.

Gli interventi previsti per il decommissioning dell'impianto solare termodinamico a fine vita sono sintetizzabili nelle due seguenti fasi:

- smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti;
- demolizione delle opere civili e meccaniche fino a quota campagna.

Prima di procedere alla demolizione saranno comunque esperite le necessarie autorizzazioni presso gli enti competenti.

12.1 Smontaggio e bonifica degli impianti e degli equipaggiamenti

Questa prima fase comprenderà tutte le attività necessarie per mettere a piè d'opera le componenti d'impianto ed assicurarne la bonifica dagli agenti in grado di determinare qualsiasi rischio.

L'operazione, condotta da ditte specializzate, consisterà nella ripulitura delle parti di impianto venute a contatto con agenti inquinanti e nello smaltimento a norma di legge dei rifiuti prodotti e raccolti. Gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati saranno quindi lasciati aperti nel sito per l'ispezione da parte delle autorità pubbliche competenti.

12.2 Demolizione delle opere civili e meccaniche

Una volta ottenuta dalle autorità competenti la dichiarazione di avvenuta bonifica di impianti ed apparecchiature, sarà possibile passare allo smantellamento delle opere civili e meccaniche.

Le operazioni di smantellamento, condotte da ditte specializzate, consisteranno nello smontaggio delle strutture metalliche, nella loro riduzione a dimensioni idonee al trasporto e nella demolizione meccanica delle opere in calcestruzzo armato (opere in elevazione e fondazioni) con l'utilizzo di apposite macchine operatrici.

Le fondazioni saranno demolite fino a 50 cm di profondità dal piano campagna. Tutti i residui di demolizione saranno suddivisi per tipologia e destinati al riutilizzo secondo necessità e possibilità.

Le parti metalliche, compresi gli impianti e gli equipaggiamenti bonificati, saranno riutilizzate come rottami ferrosi e ceduti a fonderie. Le parti in calcestruzzo saranno invece cedute a ditte specializzate che procederanno alla loro macinazione per separare il ferro di armatura dal

calcestruzzo sminuzzato; il ferro sarà quindi recuperato come le parti metalliche, mentre il macinato di calcestruzzo potrà essere utilizzato, se idoneo, come materiale inerte da costruzione, per esempio per sottofondi stradali, o, se non richiesto, avviato a smaltimento. Gli specchi saranno inviati a recupero del vetro.

13 Computo metrico estimativo

13.1 Generale

Nella seguente tabella è riportato il computo estimativo dei costi di realizzazione del progetto.

Tabella 14a Computo estimativo

Id.	Gruppo di lavori	Importo [€]
100	Opere civili	10.831.508,00
200	Illuminazione	150.000,00
300	Infrastrutture ausiliarie	629.600,00
400	Recinzione e Accessi	226.500,00
500	Sistemazioni paesaggistiche	150.000,00
600	Finiture	625.000,00
700	Macchine e componenti d'impianto	73.387.392,00
	Totale	86.000.000,00

I prezzi espressi sono al netto di IVA e dei costi di acquisizione dei terreni.

13.2 Opere civili

Di seguito è presentato il dettaglio dei lavori civili.

n.	Attività	Descrizione	Lung.	Larg.	Ø/H	Quantità	UdM	Prezzo Unitario	Importo	Importo totale
100	Strutture principali									10.831.508,00
110	Campo solare									4.650.764,50
111	Scavi e movimenti terra	Fondazioni degli eliostati				16.500	m ³	40,00	€ /m ³	660.000,00
		Cavidotti interrati				2.760	m ³	40,00	€ /m ³	110.400,00
		Strade di manutenzione				4.111	m ³	40,00	€ /m ³	164.440,00
112	Fondazione degli eliostati	Getti di calcestruzzo armato				5.665,5	m ³	350,00	€ /m ³	1.982.925,00
113	Strade di manutenzione tra gli eliostati	Strade di manutenzione tra gli eliostati				11.146,5	m ³	100,00	€ /m ³	1.114.645,50
114	Colonne degli eliostati					3.817	pz.	162,00	€ /pz.	618.354,00
120	Strade									839.140,00
121	Strada di accesso	Scotico	900	5	0,58	2.588	m ³	40,00	€ /m ³	103.520,00
		Ghiaia				2.588	m ³	100,00	€ /m ³	258.800,00
		Asfalto - Binder e usura (10 cm)	900	5		4.500	m ²	20,00	€ /m ²	90.000,00
122	Strada di servizio	Scotico	1500	3,5	0,38	2.013	m ³	40,00	€ /m ³	80.520,00
		Ghiaia				2013	m ³	100,00	€ /m ³	201.300,00
		Asfalto - Binder e usura (10 cm)	1500	3,5		5.250	m ²	20,00	€ /m ²	105.000,00
130	Torre solare									4.150.000,00
140	Sistema di accumulo termico									178.237,50
141	Scavi e movimenti terra	Scavi di fondazione	53	33	0,10	180	m ³	40,00	€ /m ³	7.200,00
		Ghiaia				180	m ³	100,00	€ /m ³	18.000,00
142	Fondazioni	getti di calcestruzzo armato	53	33	0,25	437,25	m ³	350,00	€ /m ³	153.037,50
150	Impianto termico									1.013.366,00

151	Scavi e movimenti terra	Fondazioni sala macchine	27	21	1,15	652	m ³	40,00	€/m ³	26.080,00
		Fondazioni GVR	13	6,2	1,13	91	m ³	40,00	€/m ³	3.640,00
		Fondazioni ventilatori	20	8	1,13	180	m ³	40,00	€/m ³	7.200,00
		Fondazioni condensatore ad aria	39	13	1,09	555	m ³	40,00	€/m ³	22.200,00
		Fondazioni trasformatore ausiliario	5	4	1,15	23	m ³	40,00	€/m ³	920,00
		Fondazioni serbatoio acqua grezza	5	5	1,16	29	m ³	40,00	€/m ³	1.160,00
		Fondazioni serbatoio acqua demi	3	3	1,11	10	m ³	40,00	€/m ³	400,00
		Fondazioni vasca raccolta acque meteoriche	22	22	1,5	719	m ³	40,00	€/m ³	28.760,00
152	Sala macchine	getti di calcestruzzo armato	27	21	0,35	198,45	m ²	350,00	€/m ²	69.457,50
		Edificio	27	21	10	5.670	m ³	140,00	€/m ³	793.800,00
153	Fondazioni GVR	getti di calcestruzzo armato	13	6,2	0,35	28,21	m ³	350,00	€/m ³	9.873,50
154	Fondazioni ventilatori	getti di calcestruzzo armato	20	8	0,2	32	m ³	350,00	€/m ³	11.200,00
155	Fondazioni condensatore ad aria	getti di calcestruzzo armato	39	13	0,2	101,4	m ³	350,00	€/m ³	35.490,00
156	Fondazioni Trasformatore ausiliario	getti di calcestruzzo armato	5	4	0,2	4	m ³	350,00	€/m ³	1.400,00
157	Fondazioni serbatoio acqua grezza	getti di calcestruzzo armato	5	5	0,15	3,75	m ³	350,00	€/m ³	1.312,50
158	Fondazioni serbatoio acqua demi	getti di calcestruzzo armato	3	3	0,15	1,35	m ³	350,00	€/m ³	472,50
200	Illuminazione									150.000,00
201	Illuminazione					1	pz.	150.000,00	€/pz.	150.000,00
300	Strutture ausiliarie									629.600,00
301	Scavo trincea					2.365	m ³	40,00	€/m ³	94.600,00
302	Condotte idriche (acqua grezza, acqua demi, acque meteoriche) (incluso sottofondo)					1.500	m	140,00	€/m	210.000,00
303	Gasdotto (incluso sottofondo)					1.500	m	66,67	€/m	100.000,00

304	Cavo elettrico (incluso sottofondo)		1.500	m	150,00	€/m	225.000,00
400	Recinzione e cancelli						226.500,00
401	Recinzione	rete metallica (h=2 m)	4.500	4.500	m	50,00	€/m 225.000,00
402	Cancelli metallici	2 cancelli	1	pz.	1.500,00	€/pz.	1.500,00
500	Sistemazioni paesaggistiche						150.000,00
501	Sistemazioni paesaggistiche		1	pz.	150.000,00	€/pz.	150.000,00
600	Installazioni di cantiere						625.000,00
601	Attrezzamento area di cantiere	Preparazione del sito	1	pz.	150.000,00	€/pz.	150.000,00
		Container	1	pz.	70.000,00	€/pz.	70.000,00
		Fabbricato assemblaggio eliostati	1	pz.	200.000,00	€/pz.	200.000,00
		connessioni idriche	1	pz.	2.500,00	€/pz.	2.500,00
		connessioni elettriche	1	pz.	2.500,00	€/pz.	2.500,00
		Ripiegamento cantieri	1	pz.	150.000,00	€/pz.	150.000,00
602	Impalcature	Impalcature	1	pz.	40.000,00	€/pz.	40.000,00
603	Misure di sicurezza		1	pz.	10.000,00	€/pz.	10.000,00
Importo totale lavori civili							12.609.698,00

13.3 Macchine e componenti d'impianto

Di seguito è presentato il dettaglio delle macchine e componenti d'impianto.

n.	Impianto	Importo totale
700	Macchine e componenti d'impianto	
710	Campo solare	23.201.576,00
	Componenti meccanici, apparecchiature elettriche ed ausiliarie, montaggio e messa in servizio. Escluso opere civili	23.201.576,00
720	Ricevitore e sistema di circolazione dell'aria	22.443.751,00
	Componenti meccanici, apparecchiature elettriche ed ausiliarie, montaggio e messa in servizio. Escluso opere civili	22.443.751,00
730	Sistema di accumulo termico	6.350.387,50
	Componenti meccanici, apparecchiature elettriche ed ausiliarie, montaggio e messa in servizio. Escluso opere civili	6.350.387,50
740	Impianto termico	21.391.677,50
	Componenti meccanici, apparecchiature elettriche ed ausiliarie, montaggio e messa in servizio. Escluso opere civili	21.391.677,50
	Importo totale Macchine e componenti d'impianto	73.387.392,00

14 Elaborati Grafici

- 911711607_BL000 – Planimetria generale su mappa catastale
- 911711607_BL001 – Planimetria generale impianto produzione
- 911711607_BL002 – Vista “A” da est impianto
- 911711607_BL003 – Vista “B” da ovest impianto
- 911711607_BL004 – Vista “C” da sud impianto
- 911711607_BL005 – Vista “D” da nord impianto
- 911711607_BL006 – Vista “E” da nord/ovest impianto